

A Z O K T A T Á S A K U S Z T I K A I

F E L T É T E L E I

doktori értekezés

Készítette: Inotai Gyula

Veszprém, 1985.

T A R T A L O M

	oldal
B e v e z e t ő	2
I. Fejezet: ZAJOK ÉLETTANI, PSZICHOLÓGIAI HATÁSAI	7
Pszichikus reakciók	7
Vegetatív reakciók	8
Hallásszervre gyakorolt hatások	9
II. Fejezet: ISKOLÁK, OSZTÁLYTERMEK ZAJTERHELTSÉGE	12
Alacsony zajterheltségű /csendes/ osztálytermek	13
Közepes zajterheltségű /zajos/ osztálytermek	15
Erős zajterheltségű /nagyon zajos/ osztálytermek	17
Tantermek zaj elleni védelmének lehetőségei	19
III. Fejezet: A BESZÉDÉRTHETŐSÉG, VALAMINT A HANG- ERŐ, A ZAVARÓ ZAJ ÉS A HANGFORRÁSTÓL A HALLGATÓIG TERJEDŐ TÁVOLSÁG KÖZÖTTI KAPCSOLAT	21
Mi a beszédérthetőség?	21
Beszédérthetőségi vizsgálatok, az úgy- nevezett logatomok módszere	22
Beszédérthetőség-mérések csendes, za- jos, nagyon zajos osztálytermekben különböző beszédhangerőnél	24
A mérések statisztikai elemzése	32
A beszédérthetőség függvényének pedagógiai értelmezése	62
IV. Fejezet: GÉPI HANG AZ OKTATÁSBAN	69
Hangszórók elhelyezése az osztály- teremben	71
Oktatási célra használt magnetofon- nokkal szemben támasztott követel- mények	91
M e l l é k l e t	93

B e v e z e t ő

A tanítás-tanulás bipoláris folyamatában a tanár és a tanuló közötti kommunikáció egyik legfontosabb eszköze a beszéd. Beszéd révén jut információhoz mind a tanuló, mind a tanár. Az információadó /beszélő/ és az információvevő /hallgató/ közötti úgynevezett információs csatorna azonban a legtöbb esetben nem zavarmentes. Még a legjobban artikulált beszéd sem érthető mindig a leg-tökéletesebben. Ha nagy a távolság a beszélő és a hallgató között, ha kicsi a hangerő, ha nagy a külső zavaró zaj, az információ egy részét hamis információként hallja a hallgató, vagy az információ egy része el sem jut hozzá. Ha kicsi a távolság a tanár és a tanuló között és megfelelően nagy a beszédhangerő, még nagy zaj esetén is kicsi az információveszteség. Ezt a feltételt azonban a legtöbb esetben nem tudjuk biztosítani, hiszen a hátsó pad sorokban is ülnek tanulók és a frontális oktatási forma ma is jelentős szerepet játszik. Ilyenkor a külső zaj hatása már nem elhanyagolható.

Ebben a dolgozatban azt vizsgáljuk milyen hatást gyakorol a zaj a tanulóra, milyen iskoláink, osztálytermeink zajvédeltsége, hogyan módosítja a zaj az információs csatorna "átviteli minőségét", azaz a tanteremben folyó kommunikáció hatékonyságát.

Mérési eredményekre támaszkodva értékeljük, hogy az osztályban a beszédérthetőség hogyan függ a hangerőtől, a zajtól, a hangforrás és a hallgató közötti távolságtól. A kapott eredmények és összefüggések alapján megfogalmazzuk az oktatással szembeni akusztikai követelményeket az élő és a gépi beszédre vonatkozóan.

Mielőtt az oktatás akusztikai feltételeit elemeznénk, bevezetőül összefoglaljuk a fontosabb akusztikai alapismereteket, amelyeket a disszertációban használni fogunk.

A hang szónak három jelentéstartalma van. A hang, mint fizikai jelenség, valamely rugalmas közeg mechanikai zavarási állapota, mely rezgés formájában jelentkezik és a hatás a térben, hangvezető közegben tovaterjed. Ez a közeg lehet maga a levegő. Ilyenkor léghangról beszélünk. A szilárd halmazállapotú anyagokban terjedő hangot testhangnak, folyadékban terjedő hangot folyadékhangnak nevezzük. A testhangok sokszor kellemetlen szerepet játszanak. Ha egy épületfal /pl. osztályterem fala/ útját állja a léghangnak /pl. külső zaj/, a hangenergia egy része visszaverődik ezen az akadályon, a másik része bejut a falba, bizonyos hangcsillapítással keresztülhalad rajta és a fal másik oldalán kisugárzás folytán újra mint léghang /zaj/ folytatja útját.

A jelentés másik tartalma: a hang, mint hallható, azaz füllel érzékelhető külső inger. Egyértelmű, hogy a fizikai hangfogalom - frekvenciában és hangintenzitásban - szélesebb terjedelmű. Az egészséges ember általában a 16 Hz és 20 000 Hz közötti frekvenciájú hangokat hallja. A 16 Hz alatti hangokat infrahangnak, a 20 kHz felettieket ultrahangnak nevezzük.

A hang harmadik jelentése az értelmi és esztétikai hatása, melyet hangélménynek is szoktak nevezni. Ebben az értelemben a hang csak agyi megfejtéssel válik információvá. Emberi szempontból a hangélmény a legfontosabb jelentéstartalom.

Az adott helyen uralkodó hang erősségét, intenzitását az egységnyi felületen merőleges irányban, időegység alatt áthaladó hangenergia mennyisége határozza meg. Mértékegysége W/m^2 . Az emberi fül hallásküszöbén a hangintenzitás nagysága:

$$I_0 = 10^{-12} \text{ W/m}^2$$

Ezt vonatkoztatási értéknek véve a következőképpen kaphatjuk meg egy adott hang intenzitásszintjét decibel-ben /jele: dB/

$$L_i \text{ [dB]} = 10 \cdot \lg \frac{I}{I_0}$$

ahol: $I_0 = 10^{-12} \text{ W/m}^2$

I a kérdéses hang intenzitása W/m^2 -ben

L_i a kérdéses hang intenzitása dB-ben

Példák különböző hangforrásból eredő zajok hangintenzitása:

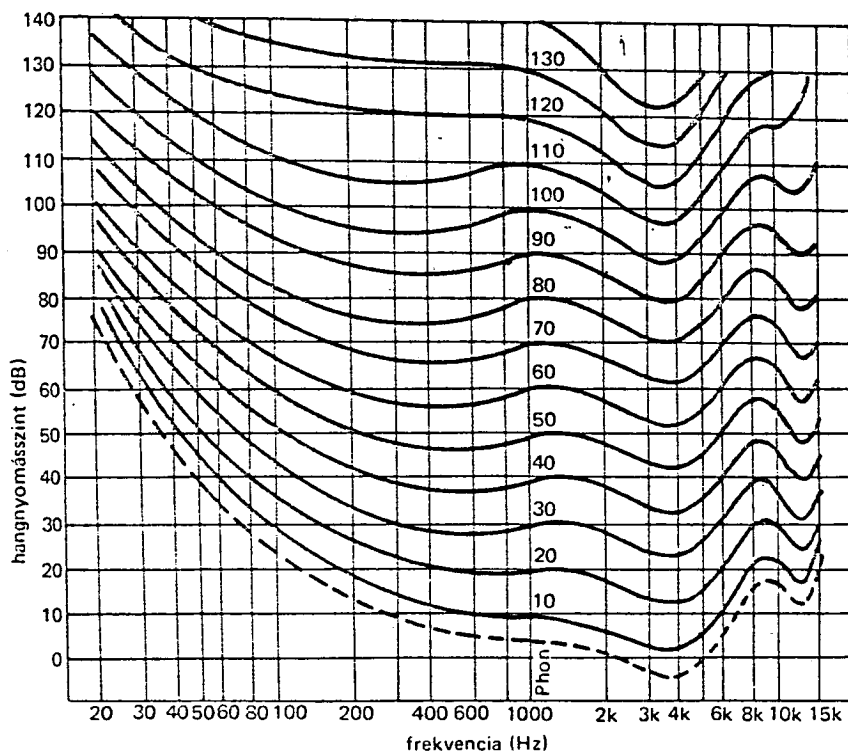
falevelek susogása:	20 dB
emberi beszéd:	40 - 60 dB
autók zaja:	80 - 90 dB
légkalapács/5 m-ről/:	100 dB

Az emberi fül fájdalomküszöbje: kb. 120 dB.

Van az emberi fülnek egy érdekes sajátossága, hogy azonos erősségű hangokat különböző frekvenciákon különböző erősségűnek érzékeli. Ennek kiküszöbölésére jött létre az ú.n.

phon - skála, mely 1000 Hz frekvencián megegyezik a decibel-skálával. A keletkezett görbesereget egyenlő hangosságú szintű görbéknek vagy phon görbéknek nevezzük.

/1. ábra/



1. ábra

A különböző hangszerek, vagy az emberek hangjait egymástól a hangszínezet alapján tudjuk megkülönböztetni. Például egy megpendített húrnál a legerősebben és legmélyebben szóló hangon az ú.n. alaphangon kívül találhatunk ú.n. felhangokat is. A felhangok frekvenciája az alaphangok egész számú többszöröse. A hang színezetét az alaphanghoz keveredő felhangok rezgésszáma és viszonylagos erőssége határozza meg.

A hangokat minőségük szerint feloszthatjuk zenei hangokra és zörejekre.

Zenei hangok egy tiszta hangból és vele együtt harmonikusan megszólaló felhangok csoportjából állnak.

A zörejek igen sok felhangösszetevőt tartalmaznak és együtt disszonáns hangot adnak.

Mindkét csoportbeli hang szerepelhet zajként, amennyiben az emberre zavarólag hat. A zaj elsődleges emberi megítélése a zavarás, a kellemetlenség, sőt a keletkezett zajártalom megítélésén alapszik.

I. Zajok élettani, pszichológiai hatásai

Az emberekre ható zaj az erősségtől frekvenciaösszetételétől, időtartamától, esetleg rendszerességétől függően különböző fizikai és pszichikai reakciókat vált ki. A zajreakciók köre a kellemetlen érzettől kezdve a valóságos egészségártalmakig terjed. G. Lehmann szerint a következő csoportokra oszthatók a zajreakciók:

Pszichikus reakciók

Mint azt a vizsgálatok is bizonyítják kb. 30 dB feletti zaj az egyén testi és lelki állapotától függően káros lehet a pszichikai közérzetre /Jansen 1969/. Ez például a zaj terhes voltában nyilvánul meg, főképp olyankor, mikor

más valaki idézi elő a zajt. Különösen a kimerültség, bosszúság, sok esetben a betegség fokozza a zaj iránti érzékenységet. A következmény fejfájás, ingerültség, kábultság lehet. Nem egyformán reagálunk a különböző frekvenciatartományú zajokra. A 2000 Hz feletti hangokat kellemetlenebbnek érezzük, mint a mély hangokat. Az egyenletes zaj, mint pl. a gépkocsi motorjának a hangja, kevésbé zavaró, mint a szabálytalanul váltakozó vagy hirtelen fellépő zaj. A periodikusan hullámzó és a kopogó zajokat nagyon kellemetlennek érezzük. A zajnak hatása van a figyelemre is. A hosszú időn át tartó zaj csökkenti a figyelem tartósságát, erősségét, a hirtelen fellépő erős zajhatások, mint pl. egy repülőgép okozta hangrobbanás más irányba terelheti a figyelmet. A pszichikus hatást erősen befolyásolja az ember beállítottsága és az a szituáció, amiben a zajhatás éri.

Vegetatív reakciók

Ezek a reakciók úgy jönnek létre, hogy a zaj már nem az akaratunknak alávetett idegrendszerre, hanem a vegetatív rendszerre hat. Ilyen zajhatás általában 65 dB felett tapasztalható. Nem minden vegetatív reakció von szükségszerűen maga után valamilyen sérülést. De bekövetkezhet idegbántalom és szervi sérülés is, ha a zaj huzamos ideig tart és erős. A zajártalom vegetatív reakcióiról számos

publikáció jelent meg az utóbbi 40 évben, amióta a zajártalom, mint önálló kórkép szerepel. Sokan foglalkoztak a zajártalom érrendszerei vonatkozásaival és a zaj egyensúlyszervre gyakorolt hatásával. Lehmann /1956/ ballistocardiográfiás vizsgálatokkal kimutatta, hogy 90 dB feletti zajnál nő az artériás áramlási ellenállás. Ez akkor is jelentkezik, ha a zajt nem érezzük terhesnek /Gros és Jansen 1978/.

Yannoulis és Konstas /1965/ megállapították, hogy zaj esetén az artériás vérnyomás lényegesen emelkedik, míg szívet embernél változatlan marad. Kottmeyer /1951/ kimutatta, hogy teljesen csendes szobában, minden más stimuláló hatás kizárásával a legcsekélyebb ún. tudatküszöb feletti zaj rövid ideig tartó véredény-összehúzódást hoz létre. A hirtelen fellépő, általában 120 dB érték feletti zaj hatással van az egyensúlyszervekre is, /Stephen és Ballam 1974/ szédülést, egyensúlyzavart okozva. Különösen repülőterek és hajóépítő üzemek munkásainál voltak tapasztalhatók ezek a tünetek.

Hallásszervre gyakorolt hatások

A rendszeresen hosszabb idejű zajban tartózkodás a hallás képességeit csökkenti, különösen a hallásküszöb értékeit rontja. Általában a hallásküszöb eltolódását tekintjük a halláskárosodás mértékének. Ez a "zajnagyothallás" eleinte úgynevezett C⁵-es alakjában jelentkezik, nagyjából 4000 Hz-en. Később azonban az évek folyamán fokozatosan kiter-

jedhet a hallható frekvenciák egész tartományára.

A nagy zaj hatására bekövetkező hallásváltozásokat két csoportra oszthatjuk;

a/ Időszakos hallásveszteség, megnevezése az idegen-
nyelvű szakirodalomban temporary threshold shift
/rövidítve TTS/.

b/ Maradandó hallásveszteség, azaz halláskárosodás,
idegen szóval permanent threshold shift /rövidít-
ve PTS/.

A kettő közötti különbség legszembetűnőbben abban nyilvánul meg, hogy időszakos hallásveszteségnél, halláscsökkenésnél a zajterhelést követően pár órás pihenés után visszaállás következik be a hallásküszöb értékében, regenerálódik a hallás.

Az utóbbinál teljes mértékű visszaállás nem mutatható ki, tartós hallásveszteség marad. A zajveszély sajnos már gyermekkorban jelentkezik, mikor különféle "zajos" játékokat adunk a gyermekek kezébe, mint pl. az összenyomható, sipoló gumibaba, szirénázó autó, stb. A legnagyobb veszélyt a játékok közül a patronnal működtethető játékpisztoly jelenti, impulzus jellegű zajával. Ugyanis a hirtelen hangbelépés nem engedi hatni a középfül összehúzó izmait, melyek az ovális ablakra ható nyomást csökkentik. A fülnek ez a védekező mechanizmusa 5-15 ms alatt lép működésbe. Erősebb és meredekebben induló jelekre az időkésés nagyobb. Ezért az ilyen jellegű ún. impulzus zajok sokkal nagyobb

kárt okoznak, mint a hasonló intenzitású folyamatos zajok. Istvánffy István 6-12 éves korú gyerekek szűrőaudiometriás vizsgálatai során több esetben 40-60 dB maradandó halláscsökkenést tapasztalt 4000 Hz környékén. A kórelőzmény: mindannyian patronnal működő pisztollyal játszottak hosszabb ideig.

Hasonló veszélyt jelent még a fiatalabb korosztályoknál, hogy a popzene új irányai a mesterséges hangátvitel eszközeinek a segítségével fokozatosan növelik a zenei hangereőséget. Különösen veszélyes, hogy a pop-zenei fesztiválokon az átlagos 118-120 dB-t elérő hangintenzitás következtében éppen a legfiatalabb korosztályok károsodnak. A nemrégiben divattá vált fejhallgatóval használt kisméretű kazettás magnók túlzott hangerővel való hallgatása mintegy meghosszabbítja azt az időt, amit popkoncerteken a fiatalság átél. Ezt is napjaink egyik ártalmas "kábitószerének" tekinthetjük.

A halláskutatás nagy kérdése, mekkora zajadag idéz elő halláskárosodást, és mekkora a korral járó hallásvesztesség. Fuder és Kracht /1972/ egyenletei alapján számszerűen is meghatározható a teljes hallásvesztesség:

$$\bar{D} = \sum_i p_{A_i} \Delta t_i + \bar{p} \left(T - \sum_i \Delta t_i \right)$$

Az egyenlet a következőképpen értelmezendő: Az első tag jelenti a zajos /munka/helyen elszenvedett összes fizikai hatást. A második rész a teljes életkor /T/ és a zajban

eltöltött idő $(\sum_i \Delta t_i)$ közötti különbségnek egy átlagos "életzaj" hangnyomásértékével való szorzatából adódik. A maradandó halláskárosodást 4 kHz-en a következő összefüggés adja dB-ben:

$$PTS = 55 \cdot \lg /D/D_0/$$

$$\text{ahol } D_0 = 2,5 \cdot 10^7 \text{ Pas}$$

Például egy 60 éves férfi hallásvesztesége - aki 40 évet töltött napi 8 órás 85 dB-es zajban - a fenti összefüggés szerint 44,5 dB. Mivel ugyanebben a korban a zajmentes élet kb. 28 dB halláscsökkenéssel járt volna, a zajos munkakör rovására 16,5 dB károsodás írható. Érdekességgéppen megjegyezendő, hogy nőknél a korral járó hallásveszteség kisebb, mint a férfiaknál. Nőknél 60 éves korban kb. 19 dB, míg férfiaknál kb. 28 dB.

II. Iskolák, osztálytermek zajterheltsége

Az MSz 18151-74, valamint az MSz 18155-74 foglalkozik az épületek környezetében és helyiségeiben megengedhető zajszintekkel. E szabvány szerint az iskolák tantermeire 40 dB zajszint megengedett, csukott ablakok mellett.

Sajnos a fenti követelményeknek nagyon sok osztályterem nem tud megfelelni, még becsukott ablakoknál sem. Ha ehhez hozzászámítjuk, hogy nyitott ablakoknál a zajszint 8-10 dB-lel magasabb és az iskolai oktatás tavasztól ősziig nyitott ablakoknál folyik, van még tennivalónk ezen a téren.

Ha feltérképezzük iskoláink zajterheltségét - a szükséges mérések elvégzésével - az osztálytermeket 3 csoportba sorolhatjuk:

a/ alacsony zajterheltségű /csendes/ osztályterem
zajszint: 35 dB alatt,

b/ közepes zajterheltségű /zajos/ osztályterem
zajszint: 40-45 dB,

c/ erős zajterheltségű /nagyon zajos/ osztályterem
zajszint: 50 dB felett

/A besorolás nyitott ablakoknál érvényes/

Nézzük meg milyen építészeti és területi elhelyezkedési sajátosságai vannak a különböző csoportba sorolt osztálytermeknek.

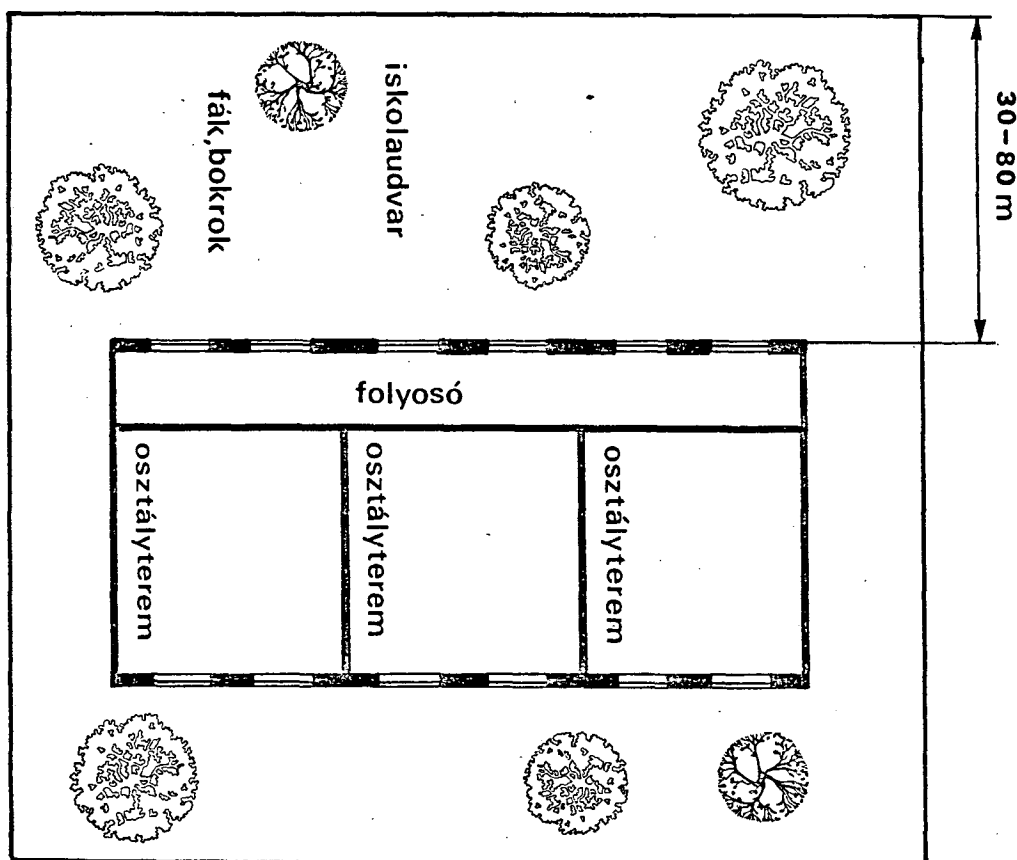
Alacsony zajterheltségű /csendes/ osztályterem /2.ábra/

Ezek az iskolák kisforgalmú út, utca mellett fekszenek csendes környezetben, pl. az általános iskola Gyulafirátótón, közgazdasági szakközépiskola Veszprémben.

Általában ide sorolhatók a falusi általános iskolák, valamint a városok zöldövezetében működő iskolák. Jellemző rájuk, hogy az iskolaépület és az út, utca között iskolaudvar található fákkal, bokrokkal. Az osztályterem ablakai a hátsó csendes udvarra nyílnak. Az út felé csak a folyosó ablakai néznek. A kisforgalmú út zaját csillapítja az épület és az út közötti nagy távolság, az iskolaudvar növényei, fái. Lényeges szempont, hogy az osztályterem ablakai a hátsó csendes udvarrész felé nyílnak.

földszintes lakások, park

kisforgalmú út

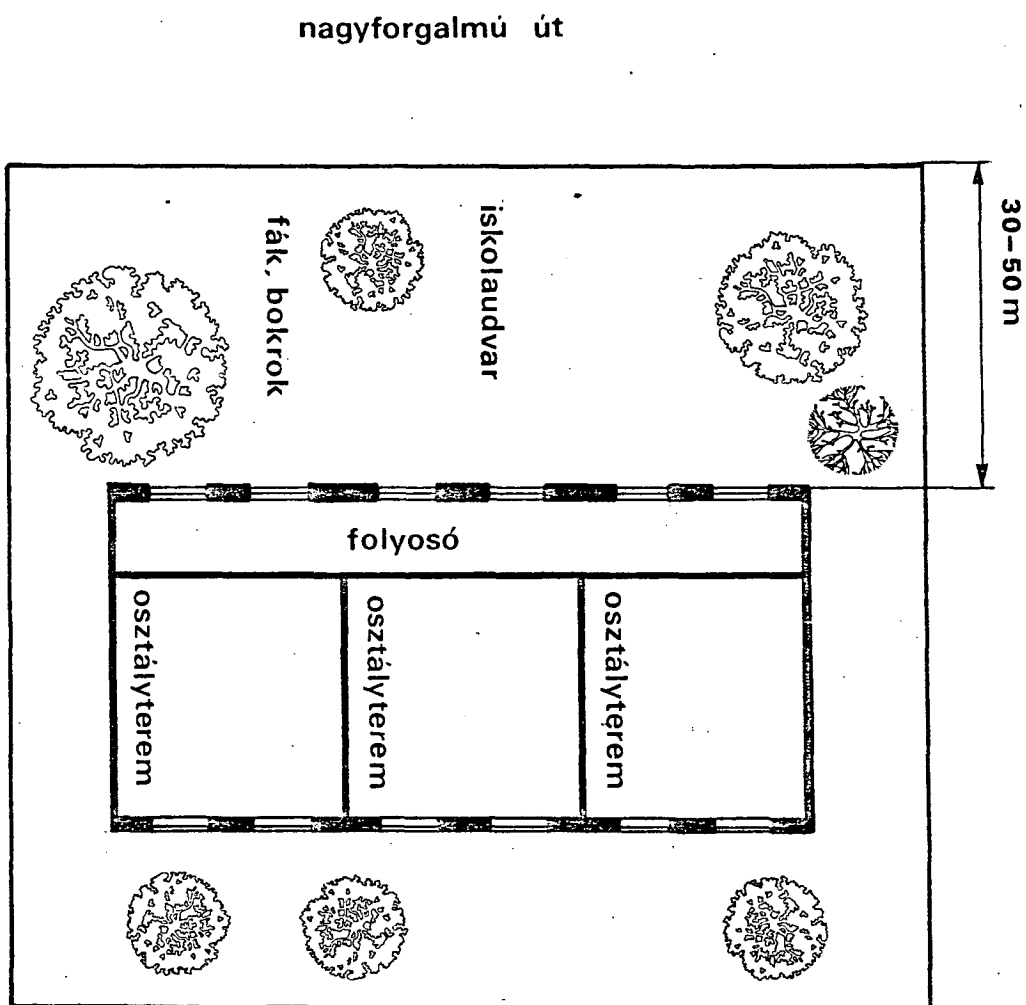


csendes környezet

2. ábra

Közepes zajterheltségű /zajos/ osztálytermek /3.,4. ábra/

földszintes lakóépületek, ipari terület

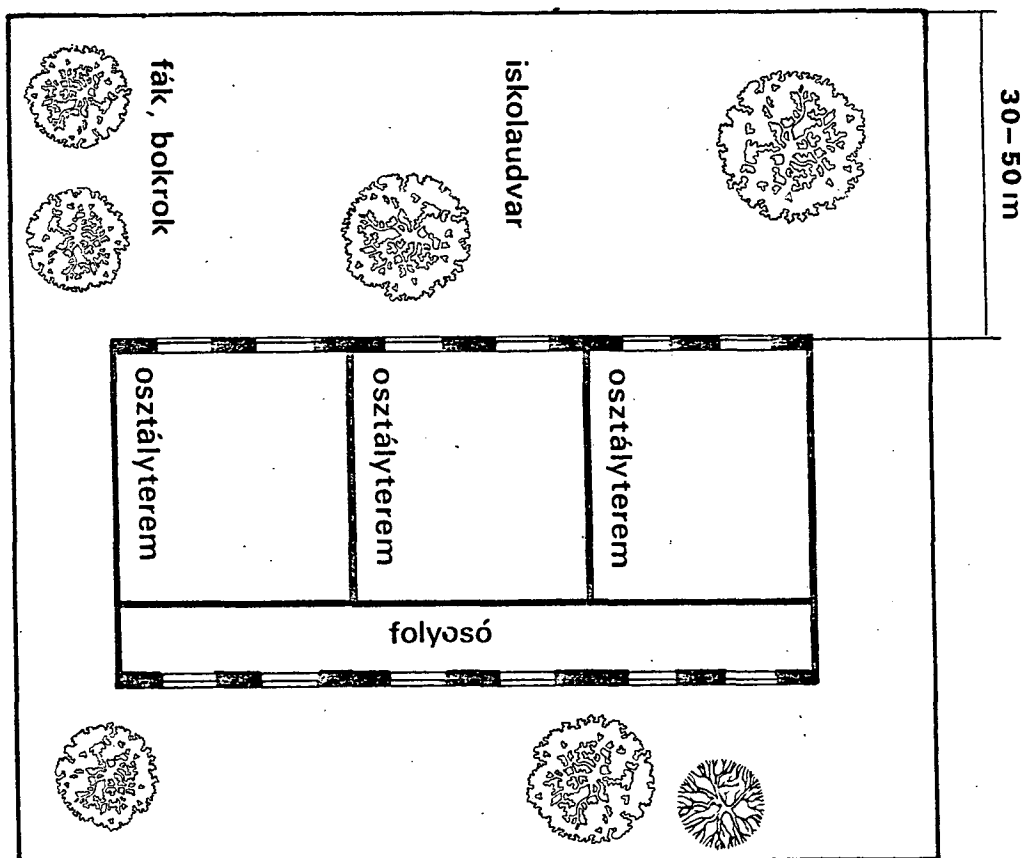


lakóházak (csendes környezet)

3. ábra

lakóépületek

közepes forgalmú út



4. ábra

A hazai iskolák jelentős része ezen csoportba sorolható. Mint a képekből is kitűnik, itt az osztálytermek elhelyezése és a környezeti zaj a döntő. Nagyforgalmú út, utca zaját is csillapítja az iskolaépület és az út közötti bokros, fás térrész /3. ábra/ és az a tény, hogy az osztálytermek ablakai nem az út felé néznek.

Láthatjuk, hogy ha az ablakok elhelyezése olyan /4. ábra/ hogy a zajforrás irányába esik, még kisebb zaj esetén is közepes zajterhelés jelentkezik.

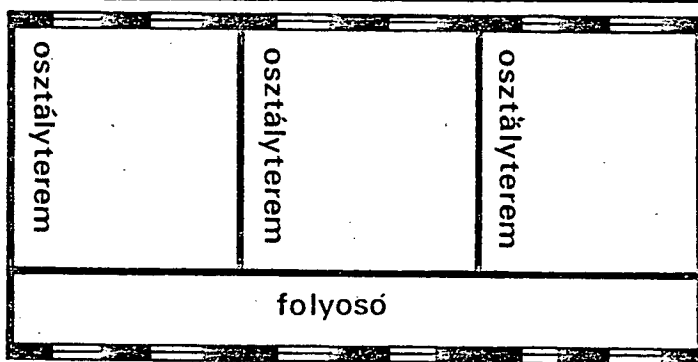
Ezen csoportba sorolt iskolák pl.: 1.sz. Ált. Iskola udvarra néző osztálytermei, Báthory István Ált. Iskola Veszprém-ben, valamint a lakótelepi iskolák legnagyobb része.

Erős zajterheltségű /nagyon zajos/ osztálytermek /5. ábra/

Ilyen iskolák általában nagyforgalmú út, utca közvetlen közelében, közvetlenül az út mellett fekszenek. Az osztályterem ablakai utcafrontra nyílnak. Az út másik oldalán lehet erős zajt keltő ipari terület, vagy az iskolaépülettel párhuzamosan épített lakóházak, mint pl. Veszprém-ben a Szilágyi Erzsébet Ált. Iskola, az Ének-Zenei Ált. Iskola, Budapesten az összes nagyforgalmú utcák, utak mellett fekvő iskolák osztálytermei utcafrontra néző ablakkal.

magas lakóépületek
vagy erős zajú ipari terület

nagyforgalmú út



5. ábra

Az út másik oldalán lévő lakóházak az úton közlekedő gépjárművek zajait szinte csillapítatlanul verik vissza az iskolaépületre, így nyitott osztályterem-ablakoknál a direkt és visszavert zaj intenzitása időnként eléri vagy meg is haladhatja a tanári beszéd intenzitásszintjét.

Tantermek zaj elleni védelmének lehetőségei

A környezetvédelmet, és ezen belül a zaj elleni védelmet szerte a világon, így Magyarországon is, szabványok és rendeletek szabályozzák. Ezek betartása a munka, az oktatás, a pihenés, a jó közérzet egyik alapfeltétele. Megteremtését azonban számos műszaki és gazdasági tényező nehezíti.

Ahhoz, hogy a zaj elleni küzdelem hathatós legyen, meg kell vizsgálni a zajforrásokat, a zaj terjedését, csökkenését befolyásoló tényezőket, a zajimisszió mértékét és hatását.

A zaj forrása, terjedése és az embert érő zajhatás között a következő összefüggés áll fenn:

$$L_F = L_I + K$$

ahol L_F a zajforrás(ok) eredő zajszintje

L_I az imissziós zajszint

K a terjedés közben bekövetkezett zajszint-változások összege, azaz a zajcsillapítás mértéke

A fenti egyenlet a környezet zajrendszerének egyensúlyi feltételeit fejezi ki.

Ha az imissziós szint helyébe az iskolákban megengedhető szabványban előírt zajszintet írjuk és vagy a zajforrást vagy a terjedést meghatározó tényezőket állandónak tekintjük, így a változó tag módosításával az egyensúly beállítható.

Azaz, ha az előírt imissziós zajszintet akarjuk megvalósítani, akkor a következő megoldások lehetségesek, figyelembe véve, hogy

$$L_I = L_F - K$$

- a/ zajforrás zajszintjének csökkentése adott zajcsillapítás mellett
- b/ K értékének növelése, azaz a zajcsillapítás mértékének növelése adott zajforrásszintnél
- c/ zajforrás zajszintjének csökkentése a zajcsillapítás növelésével egyidőben.

Nézzük meg ezután milyen lehetőségek vannak a gyakorlatban a zajforrás zajszintjének csökkentésére, illetve a zajcsillapítás mértékének növelésére.

a/ Zajforrás zajszintjének csökkentése

- 1./ Környezeti tényezők helyes megválasztásával;
 - erős zajú ipari környezettől távol legyen
 - nagyforgalmú, zajos úttól távol legyen.

2./ Az iskolaépület megfelelő tájolásával:

- a tanterem ablakai a csendes környezet felé nézzenek

3./ Közúti forgalom szabályozásával:

- iskola közelében a gépjárművek sebességének csökkentése
- jó útburkolat kialakítása
- nagy, nehéz, erős zajú gépjárművek forgalmának más útra való elterelése stb.

b/ Zajcsillapítás növelése

1./ Külső zajcsillapító létesítmények a zajforrás /út-forgalom, ipari zaj/ és az iskolaépület közötti elhelyezésével:

- legalább 30 m széles fák, bokros zajvédő növény-sáv telepítése
- zajvédő fal
- zajvédő domb garázssorral stb.

2./ Iskolaépület, osztálytermek hangszigetelésének megfelelő kialakítása

III. A beszédérthetőség, valamint a hangerő, a zavaró zaj, és a hangforrástól a hallgatóig terjedő távolság közötti kapcsolat

Mi a beszédérthetőség?

Köznapi értelemben két ember beszélgetésének intellektuális

eredménye. Más meghatározás szerint az érthetőség a számszerűen megértett és az összes közölt elem hányadosa. A köznapi beszélgetéseknél az érthetőségi százalék nagyon jó, megközelíti a 100-at, ugyanis az akusztikai körülmények jók. Kicsi a távolság a két beszélő között. A tökéletesen meg nem értett szavakat ki lehet következtetni, ill. szájról le lehet olvasni. Az iskolai oktatásban korántsem ilyen ideálisak a körülmények.

Beszédérthetőségi vizsgálatok, az úgynevezett logatomok módszere

Az akusztikában különféle mesterséges eljárásokat fejlesztettek ki a beszéd elemeinek megfigyelés alapján történő azonosítására. Ezekkel a mérési eljárásokkal azonban bizonyos nehézségek adódtak.

Ilyen elvi nehézség volt a mérési módszer esetleges szubjektivitása. Ugyanis valamely mérési módszert csak akkor tekinthetünk kizárólag objektív paraméterektől függő adatnak, ha a paraméterek maguk is méréssel ellenőrizhetők és a paraméterek változatlanul tartása mellett bizonyos hibahatáron belül az eredményként nyert adatok is változatlanul azonosak. Korábban egyetlen mérési eljárás sem teljesítette ezt a követelményt. A cél az, hogy a szubjektív hibákat a legminimálisabbra csökkentsük, azaz a hallás útján létrehozott hangképazonosítás eredményét az agy egyéb tevékenysége ne befolyásolja. Ki kell lehetőleg zárni az emlékeze-

tet, az asszociációt, az agy kombinációs tevékenységét és természetesen a szájról való leolvasás lehetőségét. Az információs csatorna "átvitelének", az akusztikai körülmények vizsgálatának egy viszonylag nem régi, de bevált módszere az úgynevezett logatomok módszere, mely a fonetikailag tagolt beszéden alapszik.

A módszer elve az, hogy a beszélő, - mely általában gépi hang - által elmondott bizonyos szavakat, szótagokat a hallgató leírja, ahogy hallotta. A helyesen megértett hangok százaléka tájékoztat az érthetőség mértékéről.

Milyenek legyenek ezek a logatom érthetőségi szövegminták?

Erről a kérdésről nagyon sok vita folyt és jelenleg is folyik. Abban egyetért a legtöbb kutató, hogy az adott nyelvi statisztikai eredményekre támaszkodva kell a mintának készülni. A legtöbb vitát az okozta, hogy az alkalmazott szöveganyag értelmes vagy értelmetlen legyen-e? A gond az, hogy különböző megfigyelő számára mást jelent az "értelmes" és az "értelmetlen" szókép. A másik probléma az, ha a hallgatót eleve tájékoztatjuk arról, hogy csak csupa értelmes vagy csak csupa értelmetlen "szavakat" fog hallani, a mérés szubjektív volta az agyi korrekciók végrehajtása miatt eleve nem zárható ki.

Tarnóczy Tamás javaslata az volt, hogy az agyi kombinációs tevékenység kiküszöbölése miatt nem szabad lekötönni magunkat sem az értelmetlen, sem az értelmes szókapcsolatok mellett. Lényeg az, hogy a hallgató helyes instrukciót kapjon

a mérés megkezdése előtt, azaz pontosan azt írja le, amit hallott, akár értelmes, akár értelmetlen a logatom. Így jött létre egy magyar érthetőségi szöveg-minta, mely értelmes és értelmetlen "szavakból", hangokból áll. A teljes szöveg-minta több száz hangnak megfelelő logatomot tartalmaz, melyet elsősorban telefonvonalak átvitelének vizsgálatánál, halláskárosultak audiometriás vizsgálatánál, egyes teremakusztikai méréseknél használnak a gyakorlatban.

Beszédérthetőség-mérések csendes, zajos, nagyon zajos osztálytermekben különböző beszédhangerőnél

A következőkben vizsgáljuk meg konkrét mérések segítségével hogyan függ az osztálytermekben a beszédérthetőség a külső zajtól, a beszédhangerőtől, a beszélő és a hallgató közötti távolságtól.

Az előzőekben említett szöveg-mintából 100 hangnak megfelelő logatomot választottunk ki a mérésekhez. Nagyobb logatomszámnál az eredmények természetesen pontosabbak, viszont a mérési idők hosszabbak. Egymásután több mérést is kellett ugyanabban az osztályban lefolytatni. Azért, hogy a mérések során a tanulók kifáradását, mint zavaró tényezőt kizárhassuk, illetve minimálisra csökkentjük, 100 hangnak megfelelő logatomot használunk, mely a következő:

szeármí	öntes	büszhét
tám	velgetés	kongba
a	gyilkosz	zajmós
bum	mák	lokat
gyerken	banc	kez
ki	ék	ét
dőszér	göma	sörét
üt	dohát	om

Mint látható a logatomokat három oszlopra osztottuk. Hogy a "megtanulási tényezőt", mint másik zavaró faktort is kizárhassuk, az oszlopok valamint az oszlopokon belüli elemek sorrendjét is változtattuk az egymásután következő mérések során.

A 100 hangnak megfelelő szöveget "profi" bemondóval hangszalagra mondattuk 3 különböző sorrendben, 3 különböző hangerővel. A hangerő értékeit úgy állítottuk be hangszintmérő segítségével, hogy a magnetofonkészülék hangszórójától mért 3,5 m távolságra, azaz a tanulóknak hangszórótól mért átlagos távolságára, a szöveg hangintenzitása 60 dB, 50 dB, és 40 dB legyen. A 60 dB-es intenzitás erős beszédhangerőnek, az 50 dB-es közepes beszédhangerőnek, a 40 dB-es szint pedig halk hangerőnek felel meg. Tehát a beszédhangerőnek, mint egyik független változatának 3 különböző értéket adtunk;

nagy /erős/ beszédhangerő:	60 dB
közepes beszédhangerő:	50 dB
kis /halk/ beszédhangerő:	40 dB

A zajtól való függést is 3 különböző zajszint mellett vizsgáltuk. A gyulafirátóti Ált. Iskola csendes osztálytermében a zajszint 30-32 dB körül volt. A veszprémi 1.sz. Ált.Iskola hátsó udvarra néző zajos tantermeiben 40-43 dB, a veszprémi Szilágyi Erzsébet Ált.Iskola, valamint Ének-Zenei Ált. Iskola nagyon zajos tantermeiben az átlagos zajszint 51-53 dB-t ért el. A méréseket a fenti iskolák tantermeiben folytattuk le. A zajnak, mint a másik független változónak is 3 különböző értéke adódott:

csendes osztálytermek:	30 dB
zajos osztálytermek:	40 dB
nagyon zajos osztálytermek:	50 dB

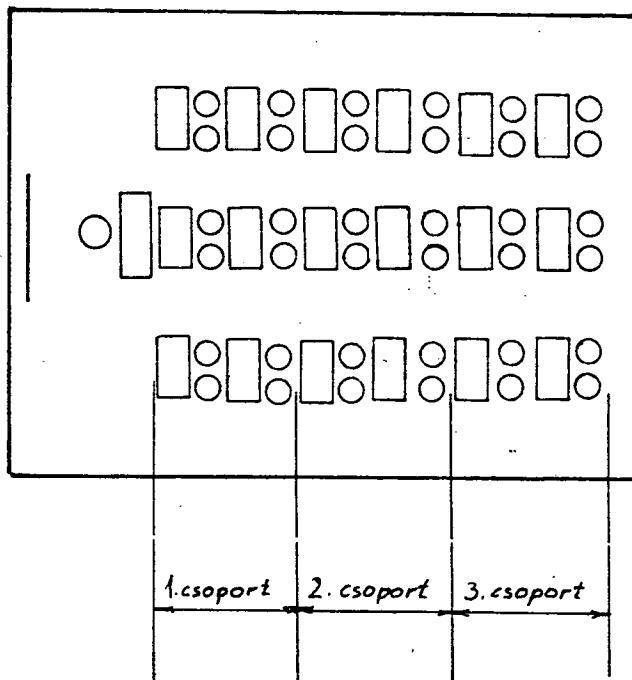
/A mérés eredményeit a matematikai értékelések megkönnyítése végett kerekítettük 30, 40 és 50 dB-es értékre/.

Ezek után már csak a beszélő és a hallgató közötti távolság, mint harmadik független változó megadása hiányzott. Az osztály tanulóit három csoportra osztottuk:/6.ábra/

1. csoport: 1, - 2. padsorban ülők,
2. csoport: 3, - 4. padsorban ülők,
3. csoport: 5, - 6. padsorban ülők.

Ezen csoportfelosztás mellett a hangforrás /tanári asztalon elhelyezett hangszóró/ valamint a hallgató /tanuló/ közötti távolságok a következők egy átlagos osztályteremben:

- 1. csoport /közeli/: 2 m
- 2. csoport /közepes/: 3,5 m
- 3. csoport /távoli/: 5 m



6. ábra

A tanulók csoportbasorolása azért volt szerencsés, mert így távolságra vonatkozóan nem kellett külön mérést elvégezni, a csoportbeosztás miatt kiadódott. Természetesen az egyes csoportokat külön kellett értékelni.

A nagyon erős zajú osztályterekben /50 dB/ a méréseket két hangszóróval, kétféle hangszóróbeállításban is lefolytattuk azért, hogy választ kapjunk arra, vajon a nagyon erős zaj hatása egyéb módon is kompenzálható-e? /A kéthangszórós mérések értékelésével részletesen a IV. fejezetben találkozhatunk/.

Nézzük át ezek után hányfajta mérést kellett elvégezni a zajtól, a hangerőtől és a hangszórók számától függően:

I/1. sz. mérés: Nagyon zajos osztályterem, nagy hangerő,
1 hangszóró, $I_{\text{zaj}}=50$ dB, $I_{\text{hang}}=60$ dB

I/2. sz. mérés: Nagyon zajos osztályterem, közepes hangerő,
1 hangszóró, $I_{\text{zaj}}=50$ dB, $I_{\text{hang}}=50$ dB

I/3. sz. mérés: Nagyon zajos osztályterem kis hangerő,
1 hangszóró, $I_{\text{zaj}}=50$ dB, $I_{\text{hang}}=40$ dB

II/1.sz. mérés: Nagyon zajos osztályterem, nagy hangerő
1 hangszóró, tanári asztalon, 1 hangszóró oldalt
 $I_{\text{zaj}}=50$ dB, $I_{\text{hang}}=60$ dB

II/2.sz. mérés: Nagyon zajos osztályterem, közepes hangerő
1 hangszóró tanári asztalon, 1 hangszóró
oldalt

$$I_{\text{zaj}}=50 \text{ dB}, I_{\text{hang}}=50 \text{ dB}$$

II/3.sz. mérés: Nagyon zajos osztályterem, kis hangerő
1 hangszóró tanári asztalon, 1 hangszóró
oldalt

$$I_{\text{zaj}} = 50 \text{ dB}, I_{\text{hang}} = 40 \text{ dB}$$

III/1.sz.mérés: Nagyon zajos osztályterem, nagy hangerő
2 hangszóró a tanári asztalon

$$I_{\text{zaj}} = 50 \text{ dB}, I_{\text{hang}} = 60 \text{ dB}$$

III/2.sz.mérés: Nagyon zajos osztályterem, közepes hangerő
2 hangszóró a tanári asztalon

$$I_{\text{zaj}} = 50 \text{ dB}, I_{\text{hang}} = 50 \text{ dB}$$

III/3.sz.mérés: Nagyon zajos osztályterem, kis hangerő
2 hangszóró a tanári asztalon

$$I_{\text{zaj}} = 50 \text{ dB}, I_{\text{hang}} = 40 \text{ dB}$$

IV/1.sz. mérés: Zajos osztályterem, nagy hangerő

$$1 \text{ hangszóró}, I_{\text{zaj}}=40 \text{ dB}, I_{\text{hang}}=60 \text{ dB}$$

IV/2.sz. mérés: Zajos osztályterem, közepes hangerő

$$1 \text{ hangszóró}, I_{\text{zaj}}=40 \text{ dB}, I_{\text{hang}}=50 \text{ dB}$$

IV/3.sz.mérés: Zajos osztályterem, kis hangerő,

1 hangszóró, $I_{\text{zaj}}=40 \text{ dB}$, $I_{\text{hang}}=40 \text{ dB}$

V/1.sz. mérés: Csendes osztályterem, nagy hangerő,

1 hangszóró, $I_{\text{zaj}}=30 \text{ dB}$, $I_{\text{hang}}=60 \text{ dB}$

V/2.sz. mérés: Csendes osztályterem, közepes hangerő,

1 hangszóró, $I_{\text{zaj}}=30 \text{ dB}$, $I_{\text{hang}}=50 \text{ dB}$

V/3.sz. mérés: Csendes osztályterem, kis hangerő,

1 hangszóró, $I_{\text{zaj}}=30 \text{ dB}$, $I_{\text{hang}}=40 \text{ dB}$

Minden egyes sorszámú mérést 3 azonos zajszintű osztályteremben folytattuk le. Az egyes mérésekben résztvevő tanulók látszáma 89-92 volt, azaz átlagosan 90, az egy csoportba tartozó tanulók átlagos létszáma pedig 30. Ha visszatekintünk láthatjuk, hogy 9 egyhangszórós és 6 kéthangszórós mérést kellett 3 azonos zajszintű osztályteremben elvégezni, így az összes mérések száma $27+18=45$ -re adódott. Természetesen mérőlapokat is készítettünk/7.ábra/, melyeket a mérés során a tanulóknak kellett kitölteniük. /Meg kell jegyezni, hogy a csoportszám megjelölést a mérőlap készítése során lefelejtettük, így a tanulók a nevük után irták be a csoportszámukat/.

Név: _____

Iskola: _____

Dátum: _____

Mérés sorszáma: _____

Hibas szám: _____

A

B

C

7. ábra

A mérések előtt a tanulók a szükséges instrukciókat megkapták, hogyan kell kitölteniük a mérőlapokat. Ezen túlmenően a hangszalagon lévő hang tájékoztatta őket nagy hangerővel, hogy a következő logatomokat a mérőlap melyik oszlopába írják.

A mérőlapok értékelése úgy történt, hogy ahány hangot tévesztett a tanuló egy logatomban, annyi hibapontot kapott. A hibapontokat összegeztük és a "Hibas szám" rovatba beírtuk.

Utalni szeretnék rá, hogy a 45 db méréshez kb. 1400 db mérőlapot használtunk fel és értékeltünk. A kitöltött és értékelt mérőlapokból mintákat a mellékletben találhatunk. A méréseket Revox A 77 tip. magnetofonkészülék és RFT SPM 101 tip. zaj- és hangszintmérő segítségével végeztük el. A magnetofonkészülékhez külön csatlakoztattuk a hangszóró/kat/. Egy hangszórós méréseknél a hangszóró a tanári asztal közepére került.

A mérések statisztikai elemzése

A méréseink során megkaptuk, hogy az egyes tanulók hány hangot tévesztettek el. Viszont mi nem a tévesztett hangok számára vagyunk elsősorban kíváncsiak, hanem a beszédérthetőségre. Az előzőekben a beszédérthetőséget úgy definiáltuk, mint a számszerűen megértett és az összes közölt hang hányadosa. Méréseinkhez mi 100 hangot használtunk fel, így a számszerűen megértett hangok száma egyúttal megadja százalékosan a beszédérthetőséget is. Azaz a beszédérthetőség százalékban:

$$\text{Beszédérthetőség [\%]} = 100 - \text{Tévesztett hangok száma}$$

Pedagógiai mérések értékelésénél szükségünk van az átlag, a szóródás és a szórás ismeretére. Ugyanis a tanulókkal lefolytatott mérési eredmények nem azonosak minden egyes tanulónál, hanem különböznek egymástól. A problémát az

átlag oldja meg, amely egyetlen adattal jellemzi a vizsgált jelenségcsoportot. Az átlagot - mely pedagógiai méréseknél általában a számtani közép - megkaphatjuk:

$$\bar{X} = \frac{X_i}{n}$$

formula segítségével.

A mi esetünkben \bar{X} a tévesztett hangok,illetőleg a beszédérthetőség átlagértéke, i az egyes tanulók sorszáma, X a tévesztett hangok, illetőleg a beszédérthetőség számértékei, n az összes tanuló száma.

Ha az átlag ismeretén túl kíváncsiak vagyunk arra, hogy a statisztikai sorunk egyes értékeinek milyen mértékű az ingadozása, grafikus ábrázolás ún. hisztogram segítségével megkaphatjuk a minta szóródását.

A szóróadst számszerűen a szórással fejezhetjük ki, mely az adatok átlagos eltérését adja meg az átlagtól. A szórást a következő képlet segítségével számíthatjuk ki:

$$s = \sqrt{\frac{(X_i - \bar{X})^2}{n}}$$

Ha több minta szórásai közül el akarjuk dönteni, melyiké a nagyobb, illetve a kisebb, a relatív szórással meghatározható!

A relativ szórás:

$$V = \frac{S \cdot 100}{\bar{X}}$$

Két szórás közül az a nagyobb, melynek a relativ szórása nagyobb.

A következőkben megadtuk táblázatokban az egyhangszórós mérések eredményeit, hisztogram segítségével ábrázoltuk az adatok szóródását és kiszámítottuk a minták átlagértékeit szórását és relativ szórását.

A táblázatokban feltüntettük, hogy a 3 csoportban /közeli, közepes, távoli/, valamint e csoportok eredményeit összegezve az osztályok egészére vonatkozóan hány tanuló hány hangot tévesztett, mekkorák a beszédérthetőség átlagértékei, szórásai és relativ szórásai. /8. ábra/

Az eredmények alapján láthatjuk, hogy a beszédérthetőség függ a hangerőtől, a zajtól, a hangforrás és a hallgató közötti távolságtól. Ahhoz, hogy megállapíthassuk hogyan függ a beszédérthetőség ezektől a változóktól, ábrázoljuk a beszédérthetőség átlagértékeit a hangerő, a zajintenzitás és a távolság függvényében.

Zaj	Hangerő	Beszédérthetőség [%]				Szórás (s)	Relatív szórás (v)
		közeli l = 2 m	közepes l = 3,5 m	távoli l = 5 m	összesített		
csendes 30 dB	60 dB	97,13	94,61	92,46	94,72	2,54	2,68
	50 dB	96,26	93,68	91,68	93,84	2,61	2,78
	40 dB	94,73	94,42	89,10	91,72	3,89	4,24
zajos 40 dB	60 dB	94,72	92,63	90,84	92,69	2,66	2,87
	50 dB	93,59	91,03	87,04	90,49	3,71	4,10
	40 dB	91,52	86,37	83,13	86,92	4,80	5,52
nagyon zajos 50 dB	60 dB	93,69	91,57	89,77	91,68	2,74	2,99
	50 dB	92,38	88,87	85,10	88,75	4,10	4,62
	40 dB	87,69	81,13	77,07	81,90	6,02	7,35
Átlag :		93,52	90,14	87,35			

8. ábra

I/1.sz.mérés

Nagyon zajos osztályterem, nagy hangerő,

1 hangszóró, $I_{\text{zaj}} = 50 \text{ dB}$, $I_{\text{hang}} = 60 \text{ dB}$

Tévesztett hangok száma	Tanulók száma			
	Közelit n=29	Közepes n=30	Távoli n=30	Összesített n=89
3	1			1
4	3	1		4
5	6	2	1	9
6	7	3	1	11
7	5	4	3	12
8	3	6	4	13
9	3	5	3	11
10	1	3	4	8
11		3	5	8
12		2	3	5
13		1	2	3
14			2	2
15			1	1
16			1	1

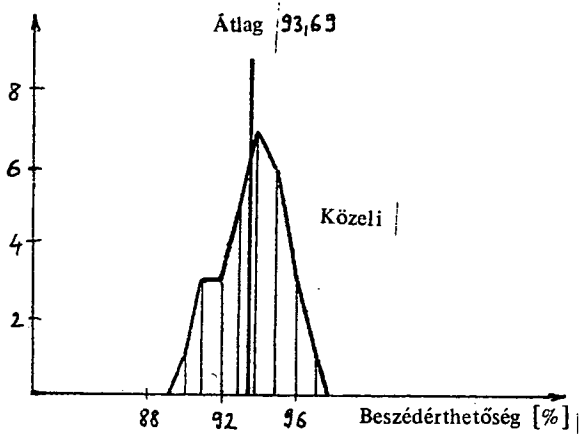
Átlagértékek:

Tévesztett hangok száma /közelit/ = 6,31
Tévesztett hangok száma /közepes/ = 8,43
Tévesztett hangok száma /távoli/ = 10,23
Tévesztett hangok száma /összesített/ = 8,32

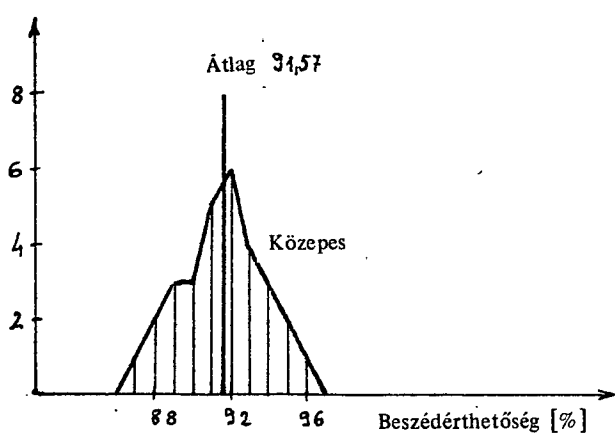
Beszédérthetőség /közelit/ = 93,69
Beszédérthetőség /közepes/ = 91,57
Beszédérthetőség /távoli/ = 89,77
Beszédérthetőség /összesített/ = 91,68

$$S = \sqrt{\frac{670,28}{89}} = \pm 2,74 \quad V = \frac{274}{91,68} = 2,99$$

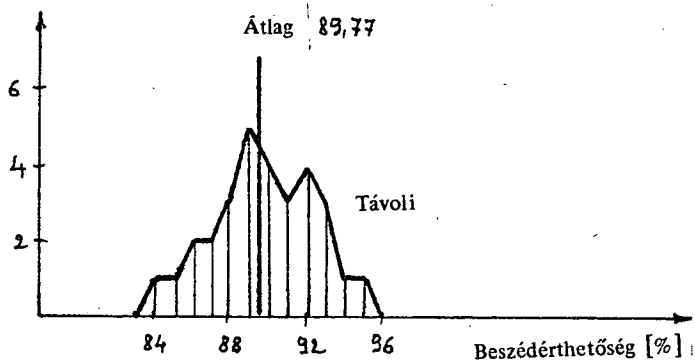
Tanulók száma



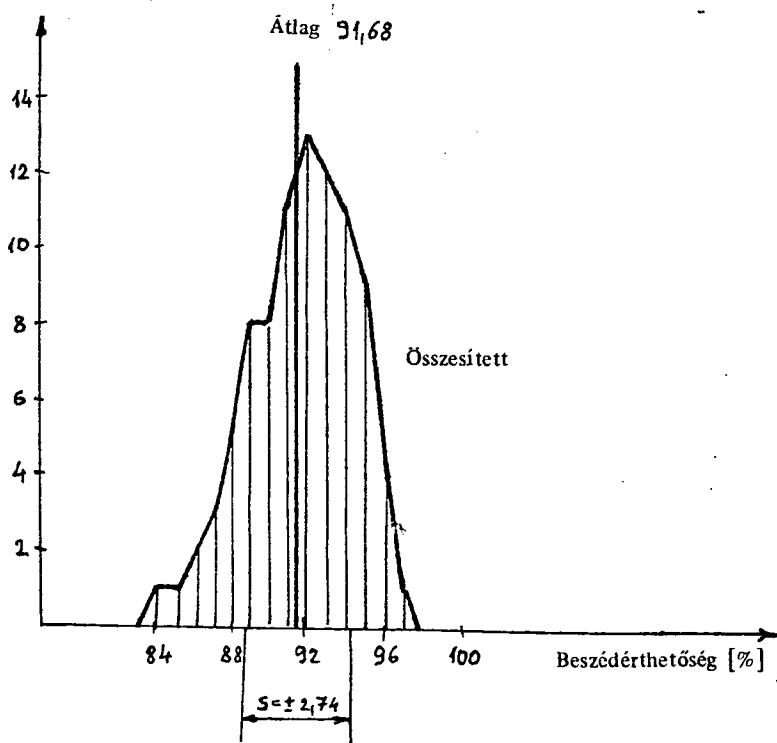
Tanulók száma



Tanulók száma



Tanulók száma



I/2.sz. mérés

Nagyon zajos osztályterem, közepes hangerő

1 hangszóró I zaj = 50 dB, I hang = 50 dB

Tévesztett hangok száma	Tanulók száma			
	Közei n=29	Közepes n=30	Távoli n=30	Összesített n=89
3	1			1
4	2			2
5	3			3
6	4	1		5
7	4	2		6
8	5	2	1	8
9	4	3	1	8
10	2	5		7
11	2	5	2	9
12	1	4	3	8
13	1	2	3	6
14		3	4	7
15		1	3	4
16			4	4
17		1	3	4
18		1	2	3
19			2	2
20				
21			1	1
22			1	1

Átlagértékek:

Tévesztett hangok száma /közei/ = 7,62

Tévesztett hangok száma /közepes/ = 11,13

Tévesztett hangok száma /távoli/ = 14,90

Tévesztett hangok száma /összesített/ = 11,25

Beszédérthetőség /közei/ = 92,38

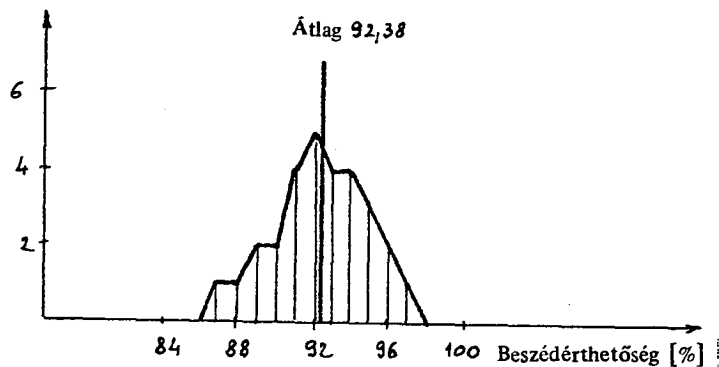
Beszédérthetőség /közepes/ = 88,87

Beszédérthetőség /távoli/ = 85,10

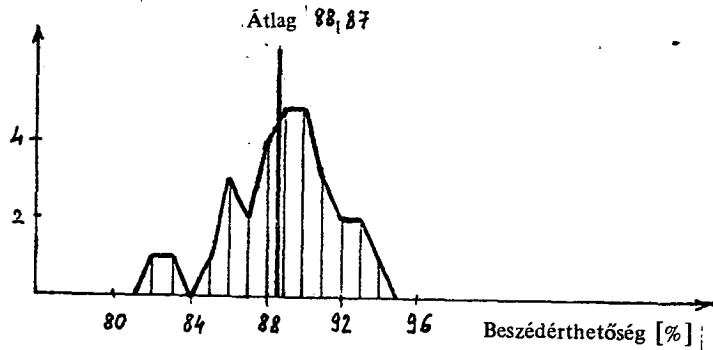
Beszédérthetőség /összesített/ = 88,75

$$S = \sqrt{\frac{1495,04}{89}} = \pm 4,10 \quad V = \frac{410}{88,75} = 4,62$$

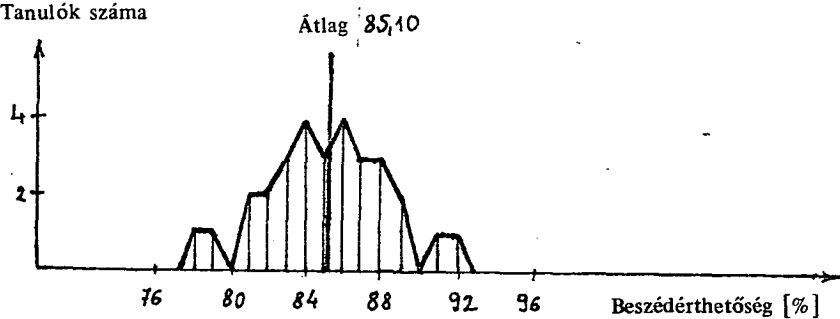
Tanulók száma



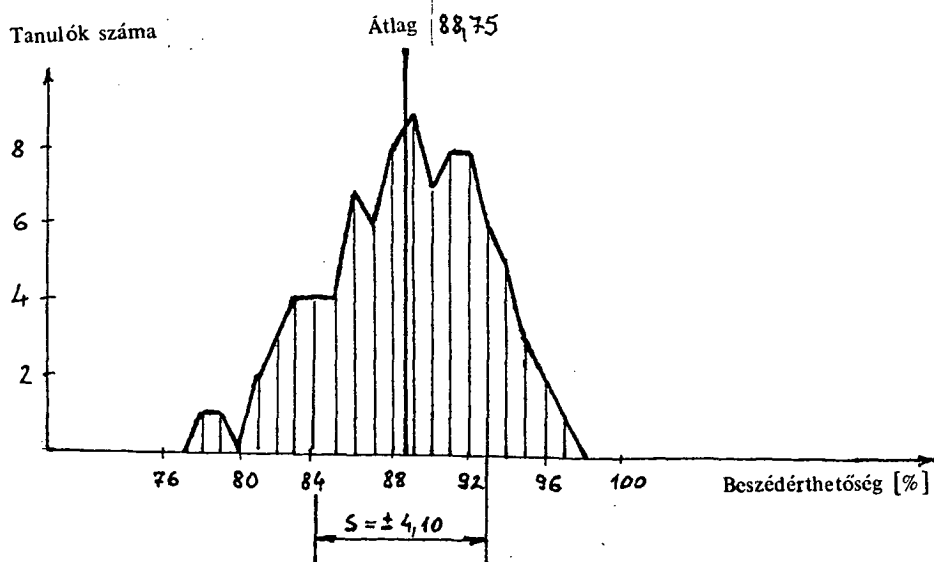
Tanulók száma



Tanulók száma



Tanulók száma



I/3. sz. mérés

Nagyon zajos osztályterem, kis hangerő

1 hangszóró, $I_{zaj}=50$ dB, $I_{hang}=40$ dB

Tévesztett hangok száma	Tanulók száma			
	Közeli n=29	Közepes n=30	Távoli n=30	Összesített n=89
5	1			1
6	1			1
7	1			1
8	1			1
9	1	1		2
10	2	1		3
11	3	1		4
12	5			5
13	4	1		5
14	3	1	1	5
15	2	1	1	4
16	2	1	1	4
17	2	2		4
18		3	2	5
19	1	3	2	6
20		4	3	7
21		3	2	5
22		2	3	5
23		2	2	4
24		1	3	4
25		2	2	4
26		1	1	2
27			2	2
28			1	1
29				
30			2	2
31				
32			1	1
33			1	1

Átlagértékek:

Tévesztett hangok száma /közeli/ =12,31

Tévesztett hangok száma /közepes/ =18,87

Tévesztett hangok száma /távoli/ =22,93

Tévesztett hangok száma /összesített/ =18,10

$$S = \sqrt{\frac{3222,09}{89}} = \pm 6,02$$

$$v = \frac{602}{81,9} = 7,35$$

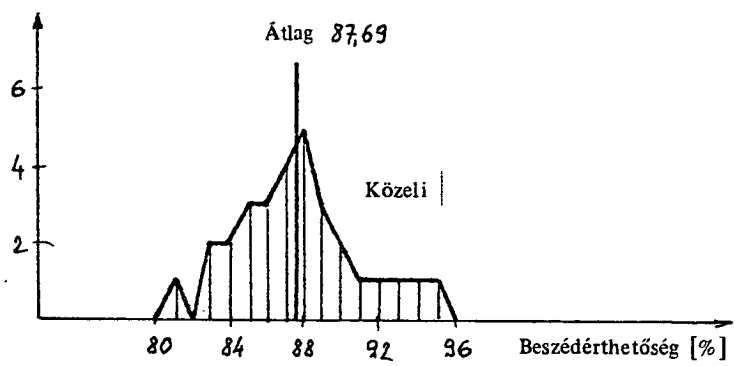
Beszédérthetőség /közeli/ =87,69

Beszédérthetőség /közepes/ =81,13

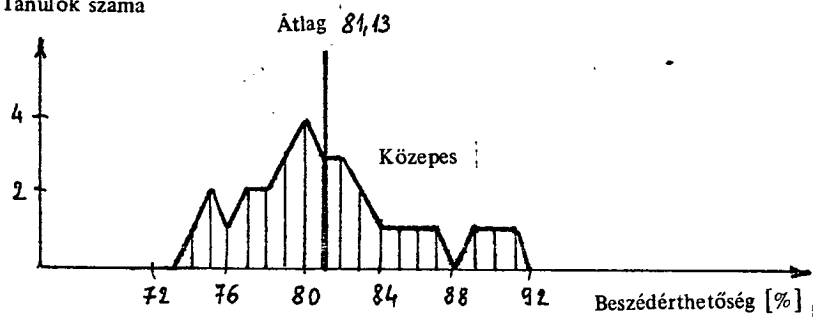
Beszédérthetőség /távoli/ =77,07

Beszédérthetőség /összesített/ =81,90

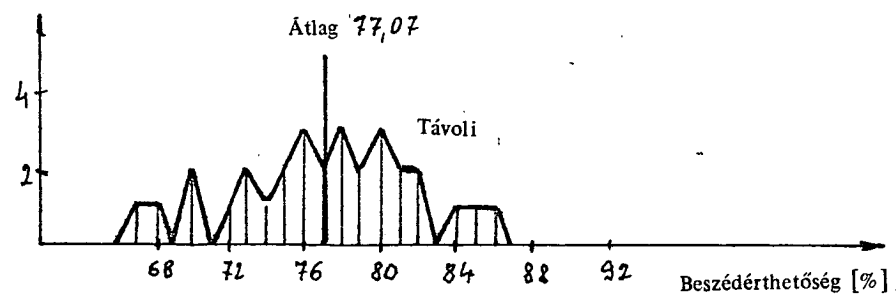
Tanulók száma



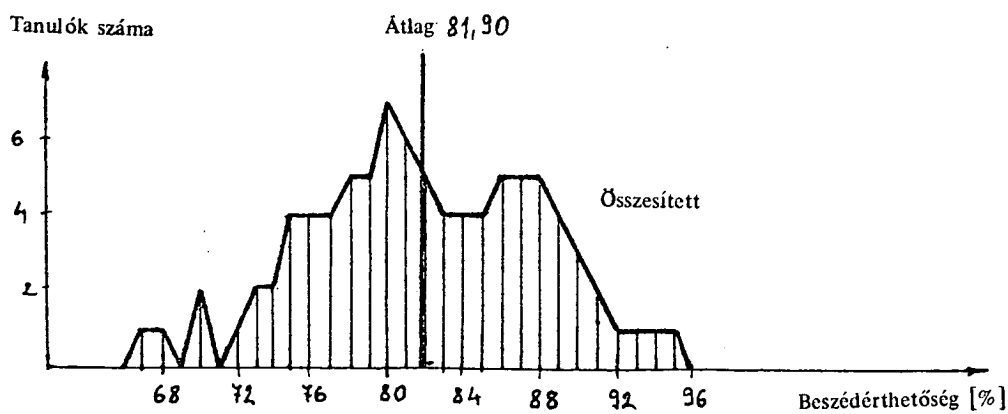
Tanulók száma



Tanulók száma



Tanulók száma



IV/1.sz. mérés

Zajos osztályterem, nagy hangerő

1 hangszóró, $I_{\text{zaj}}=40 \text{ dB}$, $I_{\text{hang}}=60 \text{ dB}$

Tévesztett hangok száma	Tanulók száma			
	Közelit n=29	Közepes n=30	Távoli n=31	Összesített n=90
2	1			1
3	3			3
4	6	2	1	9
5	7	4	1	12
6	5	5	2	12
7	4	6	4	14
8	2	4	4	10
9	1	4	5	10
10		3	5	8
11		1	4	5
12		1	3	4
13			1	1
14				
15			1	1

Átlagértékek:

Tévesztett hangok száma/közelit/ = 5,28

Tévesztett hangok száma/közepes/ = 7,37

Tévesztett hangok száma/távoli/ = 9,16

Tévesztett hangok száma/összesített/ = 7,31

Beszédérthetőség/közelit/ = 94,72

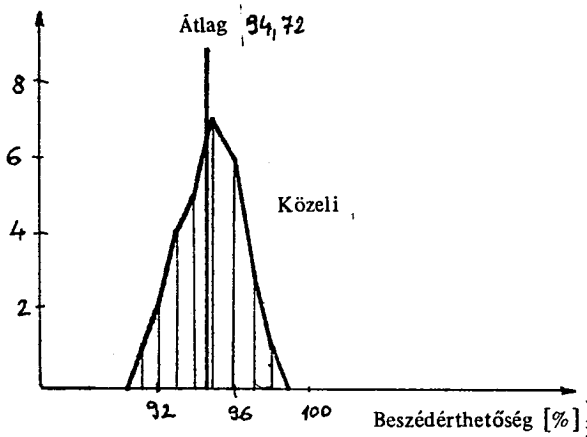
Beszédérthetőség/közepes/ = 92,63

Beszédérthetőség/távoli/ = 90,84

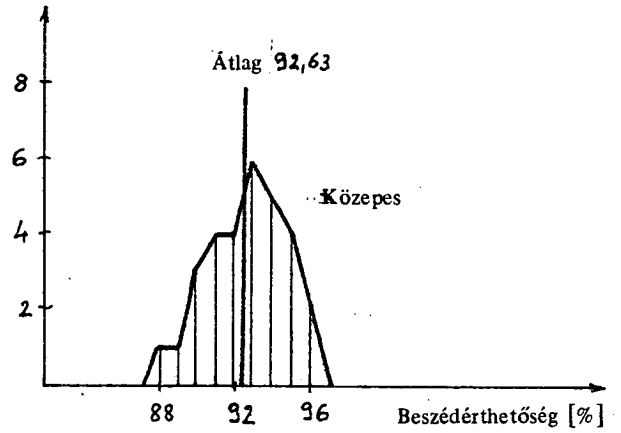
Beszédérthetőség/összesített/ = 92,69

$$S = \sqrt{\frac{635,49}{90}} = \pm 2,66 \quad V = \frac{266}{92,69} = 2,87$$

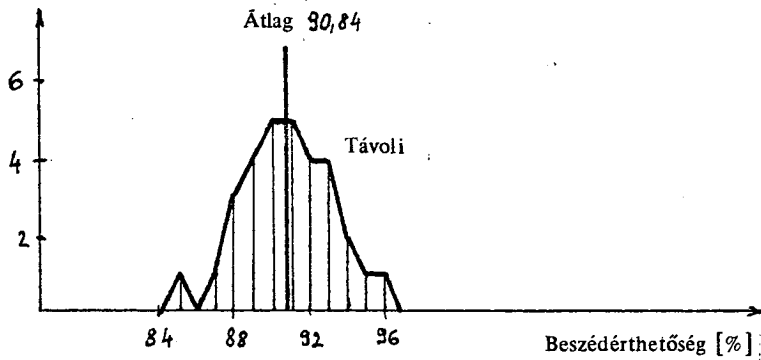
Tanulók száma



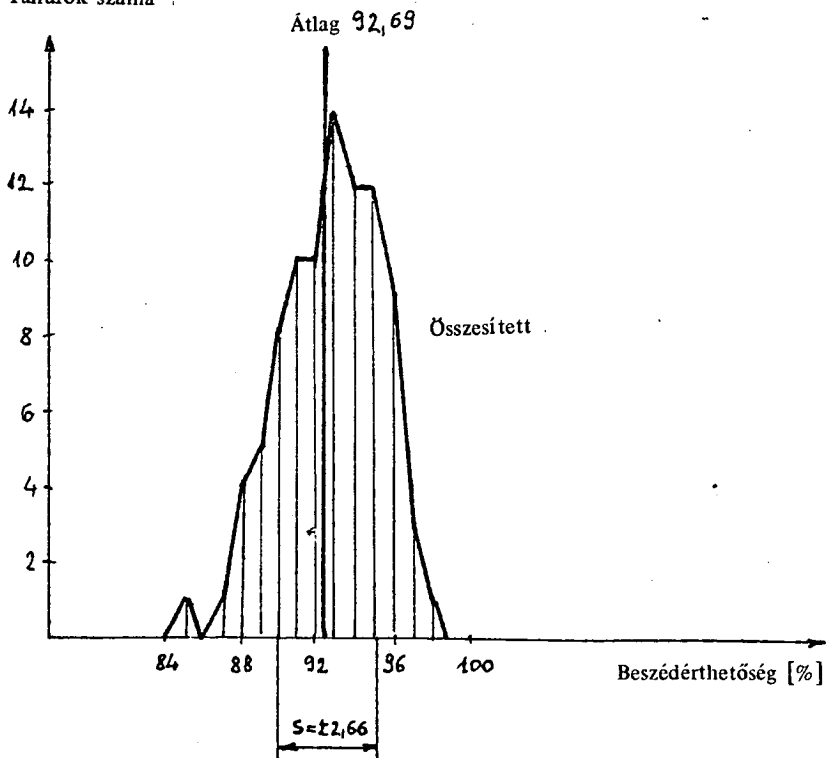
Tanulók száma



Tanulók száma



Tanulók száma



IV/2. sz. mérés

Zajos osztályterem, közepes hangerő

1 hangszóró, $I_{\text{zaj}}=40 \text{ dB}$, $I_{\text{hang}}=50 \text{ dB}$

Tévesztett hangok száma	Tanulók száma			
	Köze n=29	Közepes n=30	Távoli n=31	Összesített n=90
3	1			1
4	3	1		4
5	5	2		7
6	6	2	1	9
7	4	3	1	8
8	3	5	2	10
9	3	5	2	10
10	2	4	3	9
11	1	4	4	9
12	1	2	4	7
13			4	4
14		1	2	3
15		1	1	2
16			2	2
17			2	2
18			1	1
19				
20			1	1
21			1	1

Átlagértékek:

Tévesztett hangok száma /köze- / = 6,41

Tévesztett hangok száma /közepes/ = 8,97

Tévesztett hangok száma /távoli/ = 12,96

Tévesztett hangok száma /összesített/ = 9,51

Beszédérthetőség /köze- / = 93,59

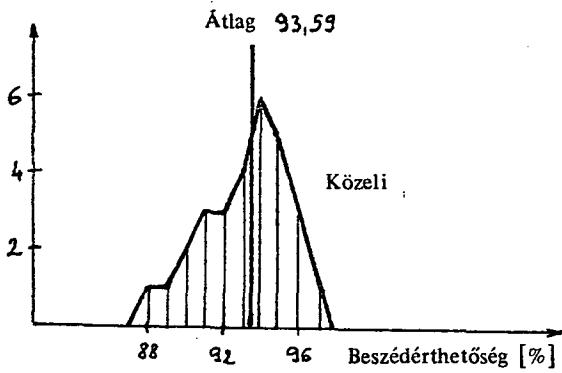
Beszédérthetőség /közepes/ = 91,03

Beszédérthetőség /távoli/ = 87,04

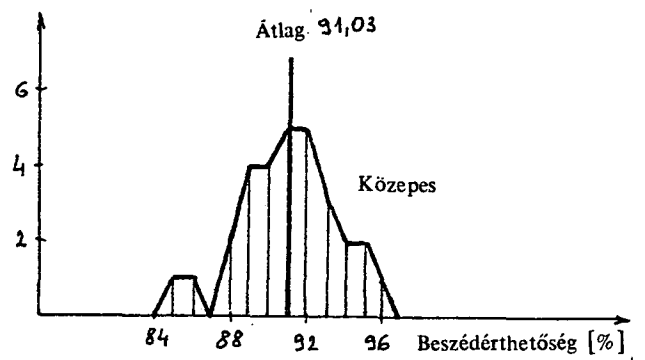
Beszédérthetőség /összesített/ = 90,49

$$S = \sqrt{\frac{1239,58}{90}} = \pm 3,71 \quad V = \frac{371}{90,49} = 4,10$$

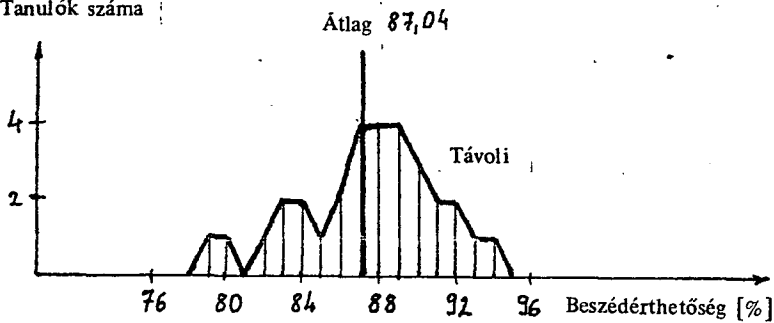
Tanulók száma



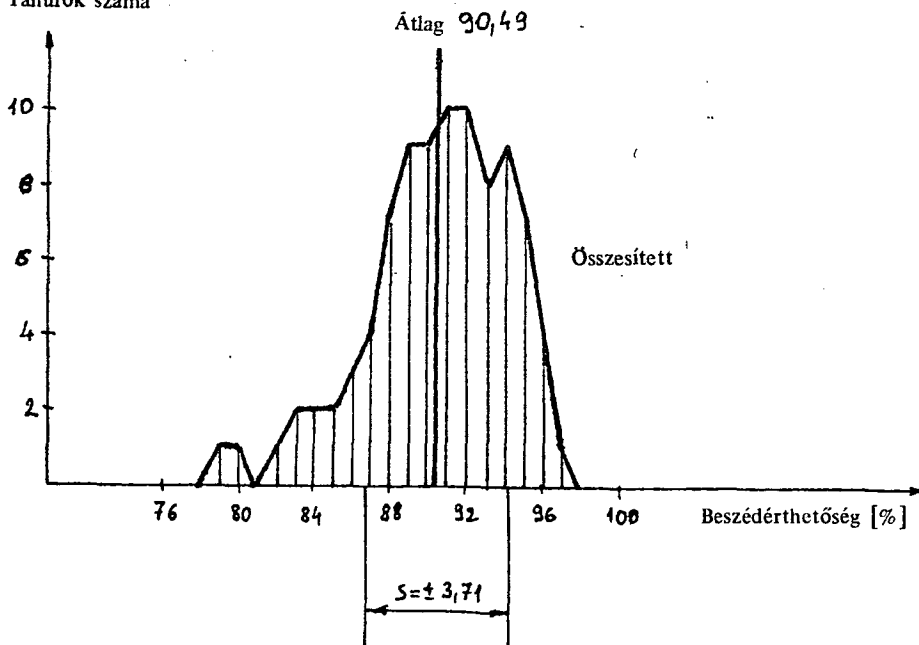
Tanulók száma



Tanulók száma



Tanulók száma



IV/3. sz. mérés

Zajos osztályterem, kis hangerő

1 hangszóró, $I_{\text{zaj}}=40 \text{ dB}$, $I_{\text{hang}}=40 \text{ dB}$

Tévesztett hangok száma	Tanulók száma			
	Közeli n=29	Közepes n=30	Távoli n=31	Összesített n=90
4	1			1
5	2			2
6	3	1		4
7	4			4
8	5	1		6
9	5	2		7
10	3	2	1	6
11	3	2	2	7
12	2	3	2	7
13		3	2	5
14	1	4	2	7
15		3	3	6
16		3	3	6
17		3	2	5
18			4	4
19		1	3	4
20		1	2	3
21		1	1	2
22				
23			2	2
24			1	1
25				
26			1	1

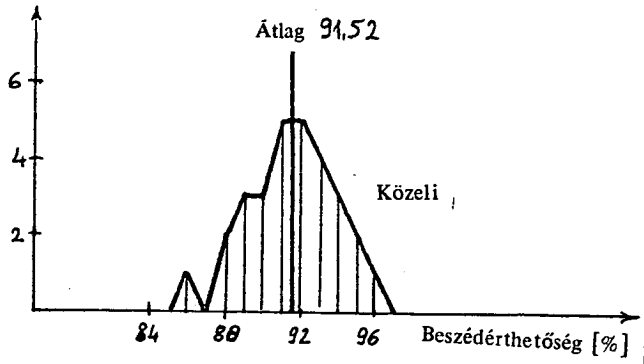
Átlagértékek:

Tévesztett hangok száma /közeli/ = 8,48
Tévesztett hangok száma /közepes/ =13,63
Tévesztett hangok száma /távoli/ =16,87
Tévesztett hangok száma /összesített/ =13,08

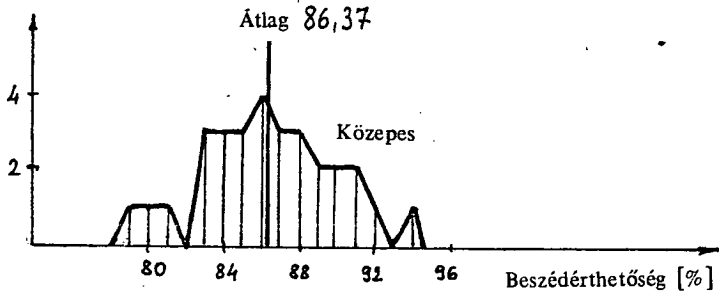
Beszédérthetőség /közeli/ =91,52
Beszédérthetőség /közepes/ =86,37
Beszédérthetőség /összesített/ =86,92

$$S = \sqrt{\frac{2073,26}{90}} = \pm 4,80 \quad V = \frac{480}{86,92} = 5,52$$

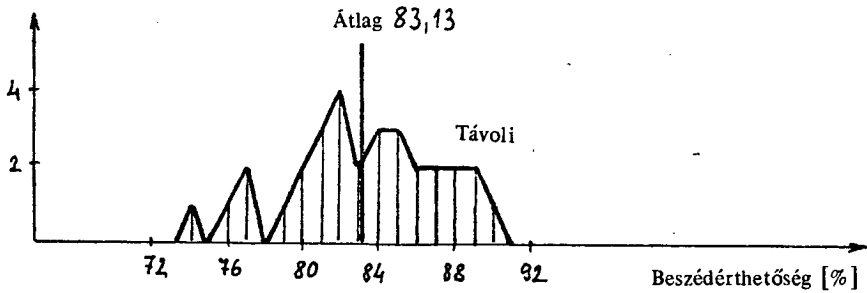
Tanulók száma



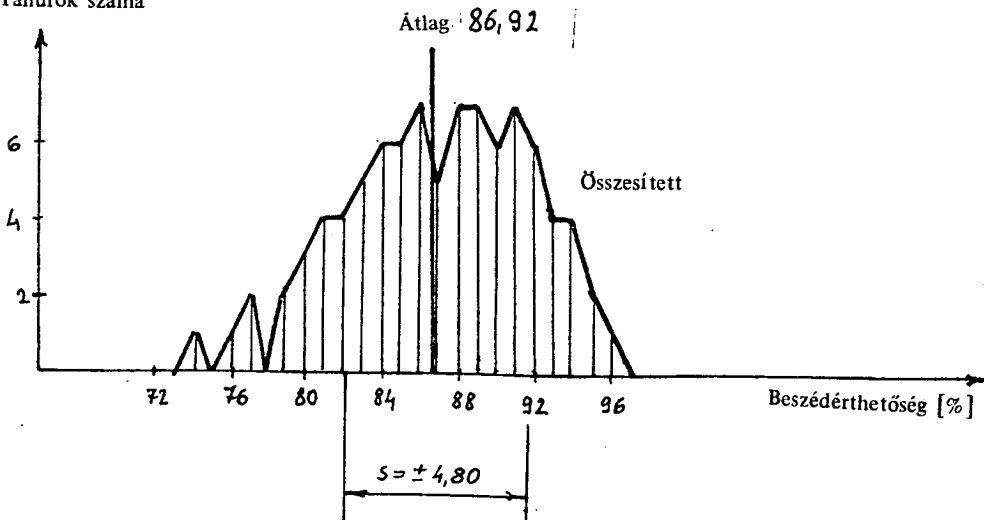
Tanulók száma



Tanulók száma



Tanulók száma



V/1. sz. mérés

Csendes osztályterem, nagy hangerő

1 hangszóró, $I_{zaj} = 30 \text{ dB}$, $I_{hang} = 60 \text{ dB}$

Tévesztett hangok száma	Tanulók száma			
	Közei n=30	Közepes n=31	Távoli n=31	Összesített n=92
0	1			1
1	4			4
2	7	1		8
3	8	3		11
4	7	5	2	14
5	2	8	3	13
6	1	6	5	12
7		5	5	10
8		2	7	9
9		1	4	5
10			2	2
11			2	2
12			1	1

Átlagértékek:

Tévesztett hangok száma /közei/ = 2,87

Tévesztett hangok száma /közepes/ = 5,39

Tévesztett hangok száma /távoli/ = 7,54

Tévesztett hangok száma /összesített/ = 5,29

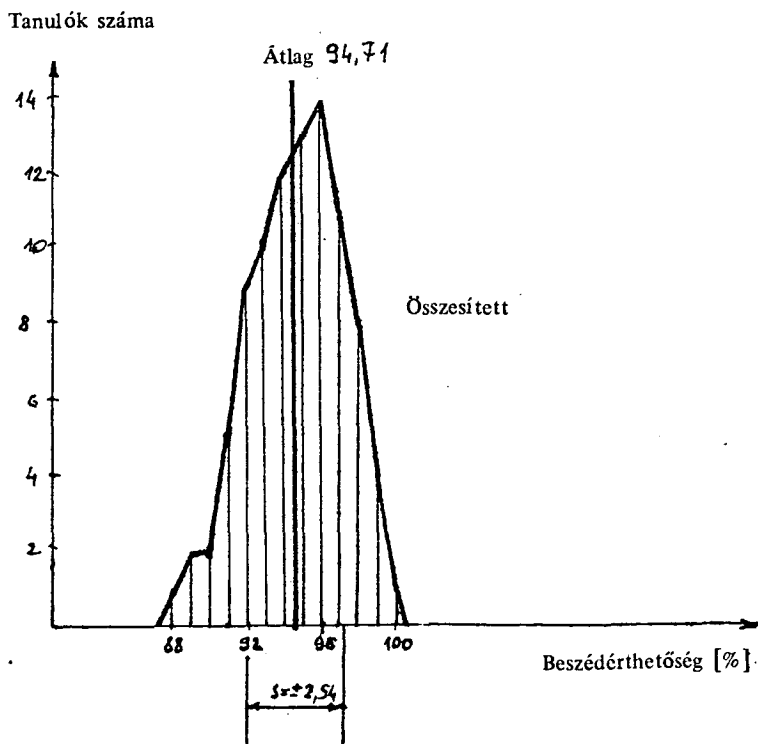
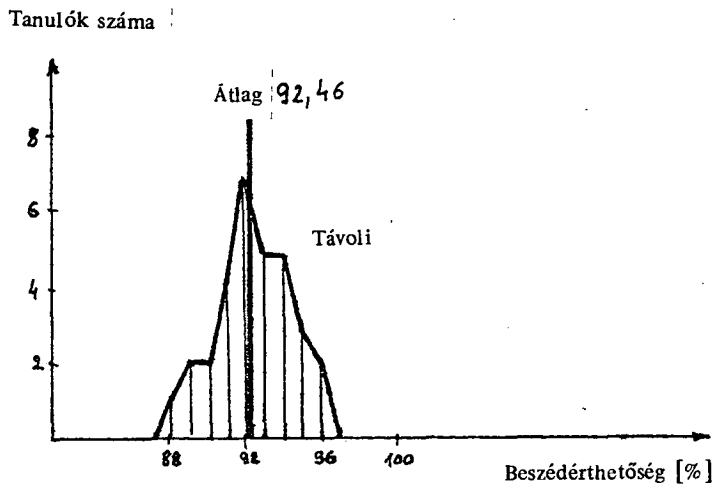
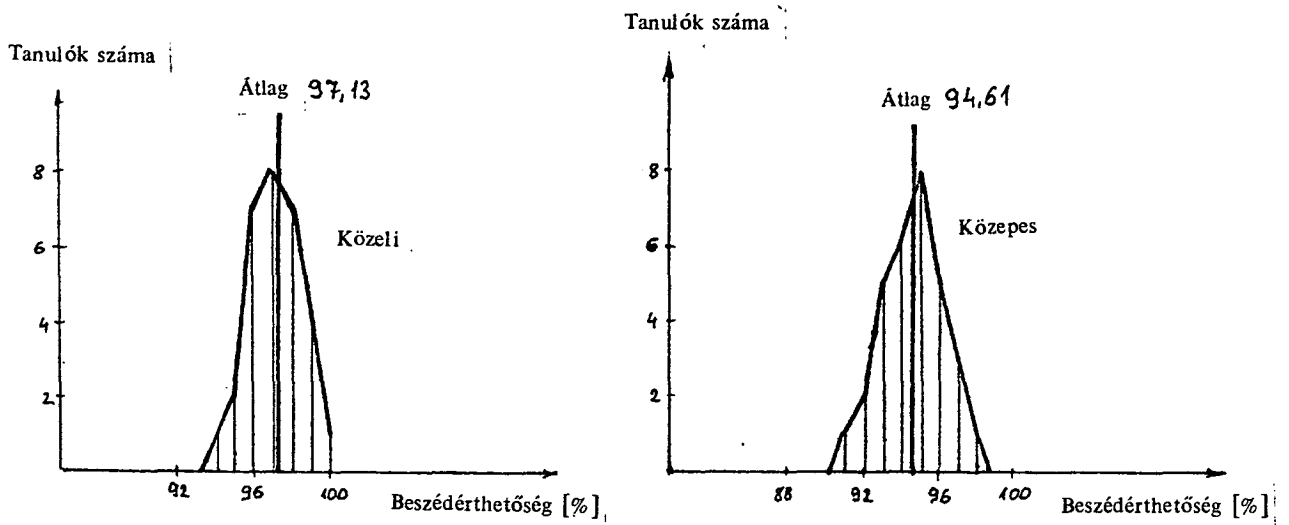
Beszédérthetőség /közei/ = 97,13

Beszédérthetőség /közepes/ = 94,61

Beszédérthetőség /távoli/ = 92,46

Beszédérthetőség /összesített/ = 94,71

$$S = \sqrt{\frac{595,05}{92}} = \pm 2,54 \quad V = \frac{254}{94,71} = 2,68$$



V/2. sz. mérés

Csendes osztályterem, közepes hangerő

1 hangszóró $I_{\text{zaj}}=30 \text{ dB}$; $I_{\text{hang}}=50 \text{ dB}$

Tévesztett hangok száma	Tanulók száma			
	Közeleli n=30	Közepes n=31	Távoli n=31	Összesített n=9=
0	1			1
1	2			2
2	3			3
3	7	1		8
4	8	2	1	11
5	4	5	2	11
6	3	8	3	14
7	2	6	5	13
8		4	6	10
9		2	5	7
10		2	4	6
11			3	3
12			1	1
13			1	1

Átlagértékek:

Tévesztett hangok száma/közeleli/ = 3,76

Tévesztett hangok száma/közepes/ = 6,32

Tévesztett hangok száma/távoli/ = 8,32

Tévesztett hangok száma/összesített/ = 6,16

Beszédérthetőség/közeleli/ =96,24

Beszédérthetőség/közepes/ =93,68

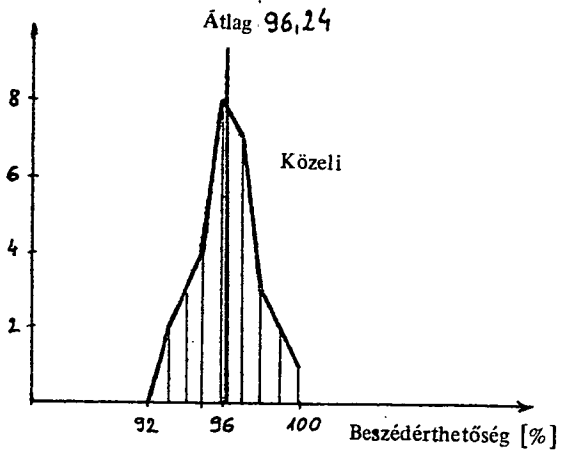
Beszédérthetőség/távoli/ =91,68

Beszédérthetőség/összesített/ =93,84

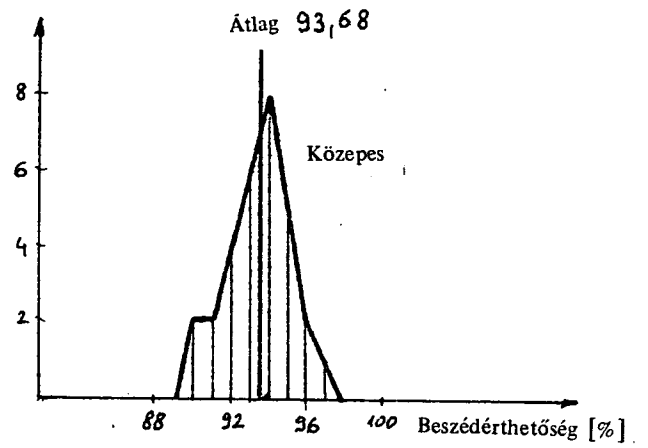
$$S = \sqrt{\frac{628,62}{92}} = \pm 2,61$$

$$V = \frac{261}{93,84} = 2,78$$

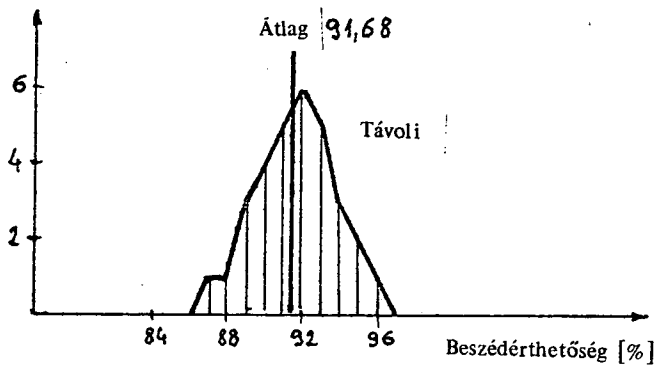
Tanulók száma



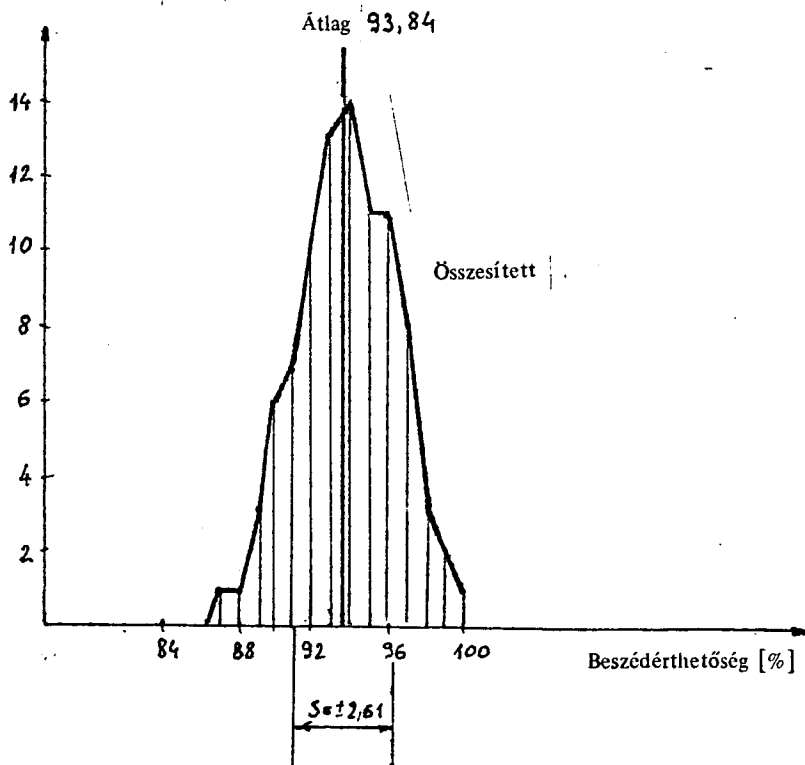
Tanulók száma



Tanulók száma



Tanulók száma



V/3. sz. mérés

Csendes osztályterem, kis hangerő

1 hangszóró, $I_{\text{zaj}} = 30 \text{ dB}$, $I_{\text{hang}} = 40 \text{ dB}$

Tévesztett hangok száma	Tanulók száma			
	Közeleli n=30	Közepes n=31	Távoli n=31	Összesített n=92
1	1			1
2	3			3
3	3	1		4
4	4	1		5
5	5	2	1	8
6	5	2	1	8
7	4	4	2	10
8	3	5	3	11
9	1	5	3	9
10	1	4	3	8
11		3	4	7
12		2	3	5
13		1	2	3
14		1	2	3
15			2	2
16			2	2
17			1	1
18				
19			1	1
20				
21			1	1

Átlagértékek:

Tévesztett hangok száma /közeleli/ = 5,27

Tévesztett hangok száma /közepes/ = 8,58

Tévesztett hangok száma /távoli/ = 10,90

Tévesztett hangok száma /összesített/ = 8,28

Beszédérthetőség /közeleli/ = 94,73

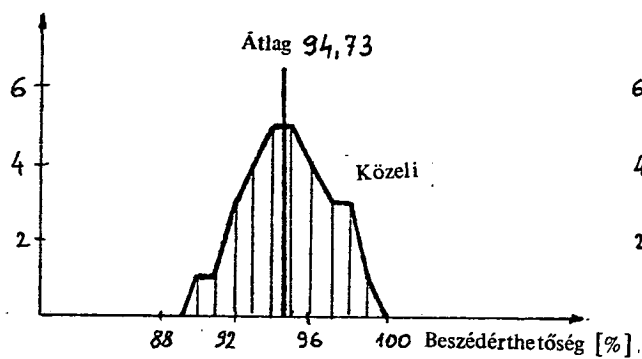
Beszédérthetőség /közepes/ = 91,42

Beszédérthetőség /távoli/ = 89,10

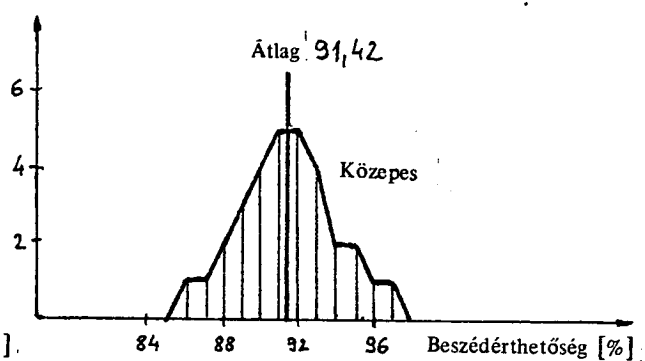
Beszédérthetőség /összesített/ = 91,72

$$S = \sqrt{\frac{1395,86}{92}} = \pm 3,89 \quad V = \frac{389}{91,72} = 4,24$$

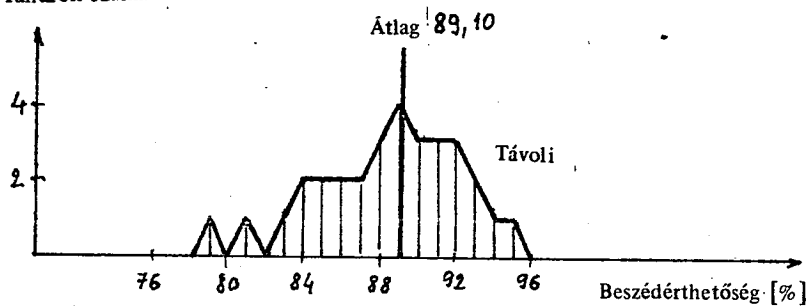
Tanulók száma



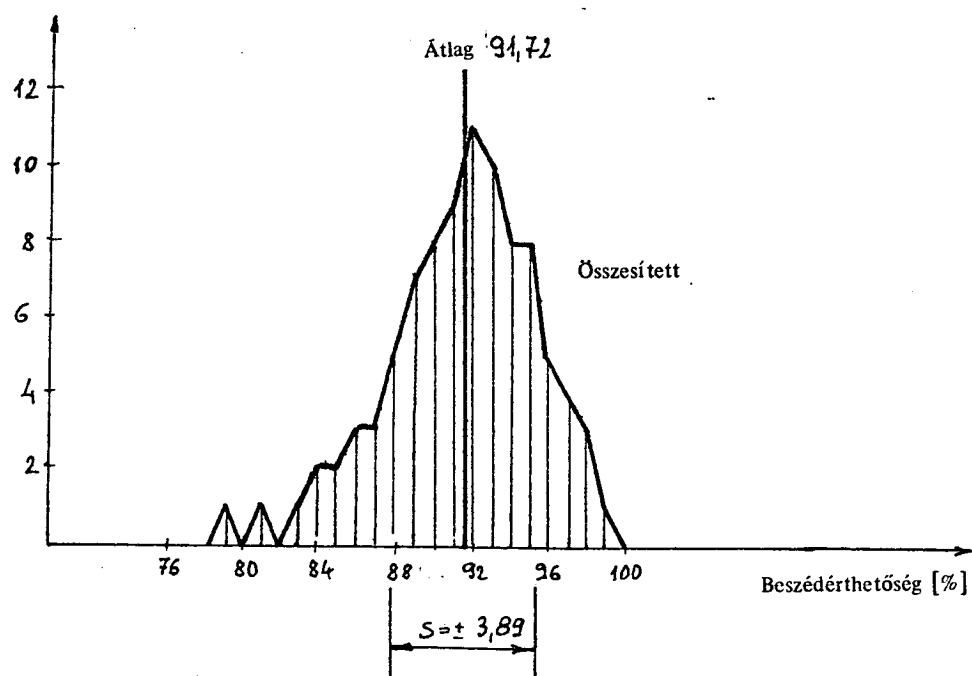
Tanulók száma



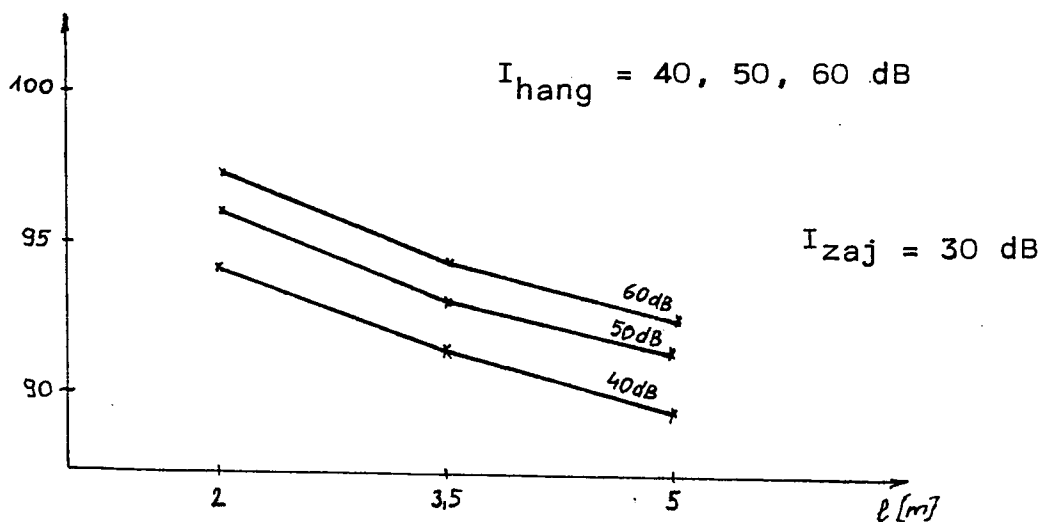
Tanulók száma



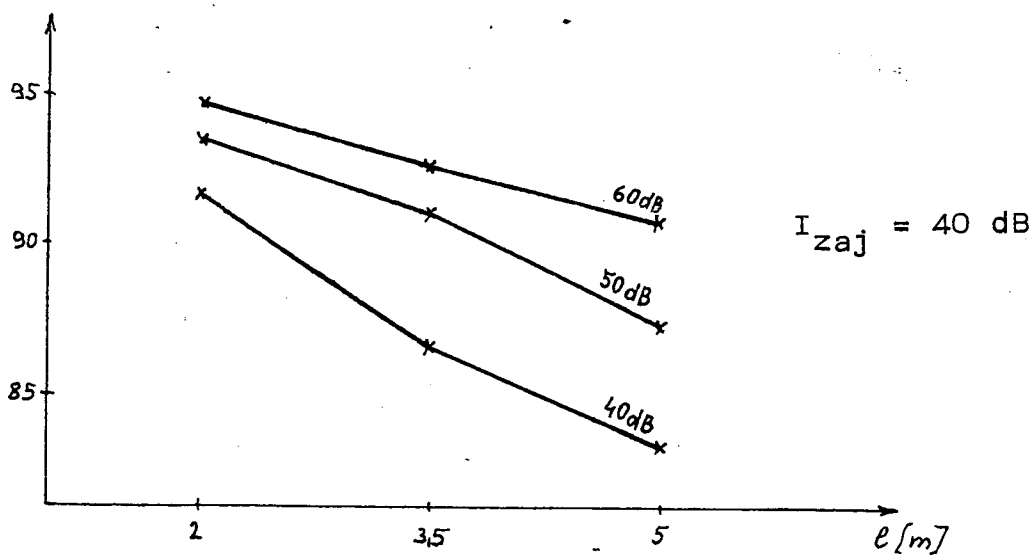
Tanulók száma



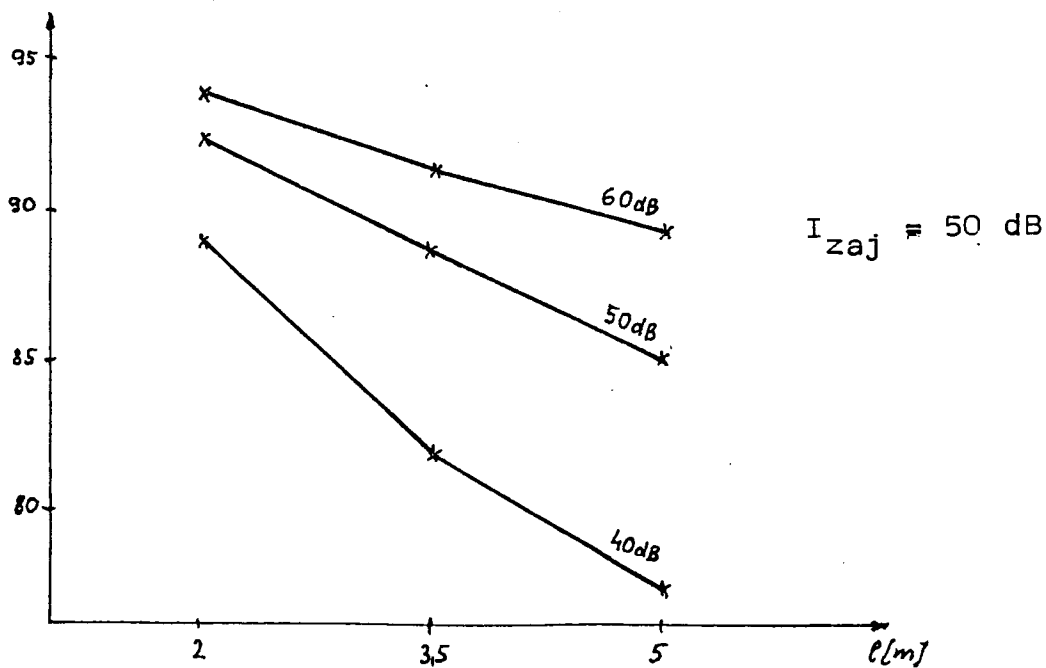
Beszédérthetőség [%]



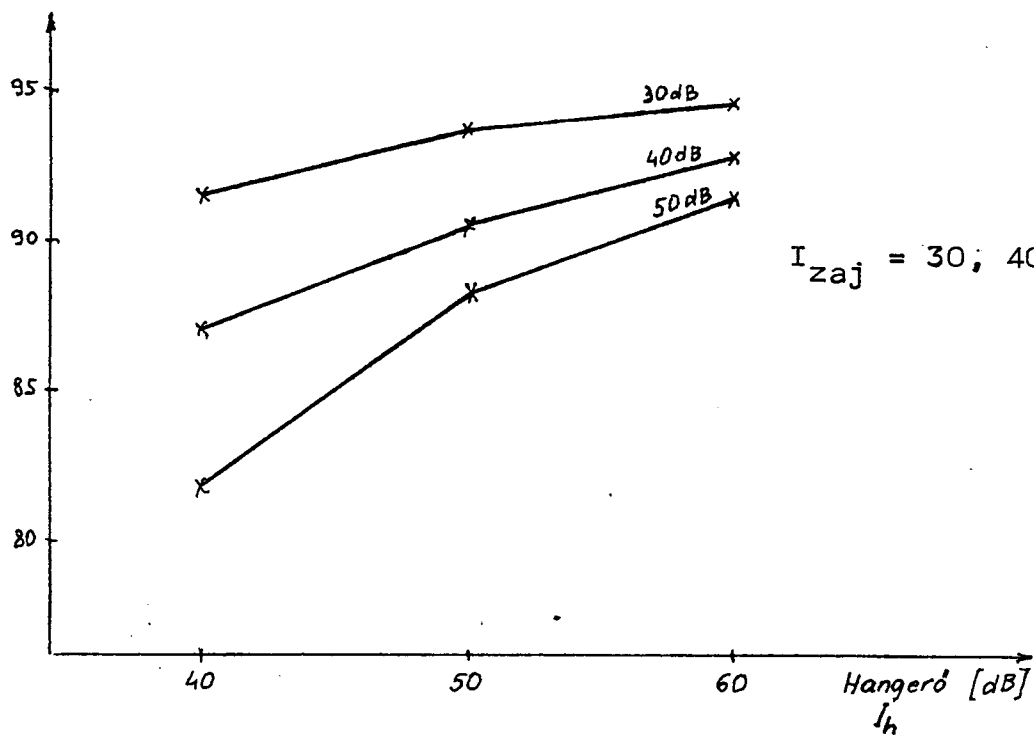
Beszédérthetőség [%]



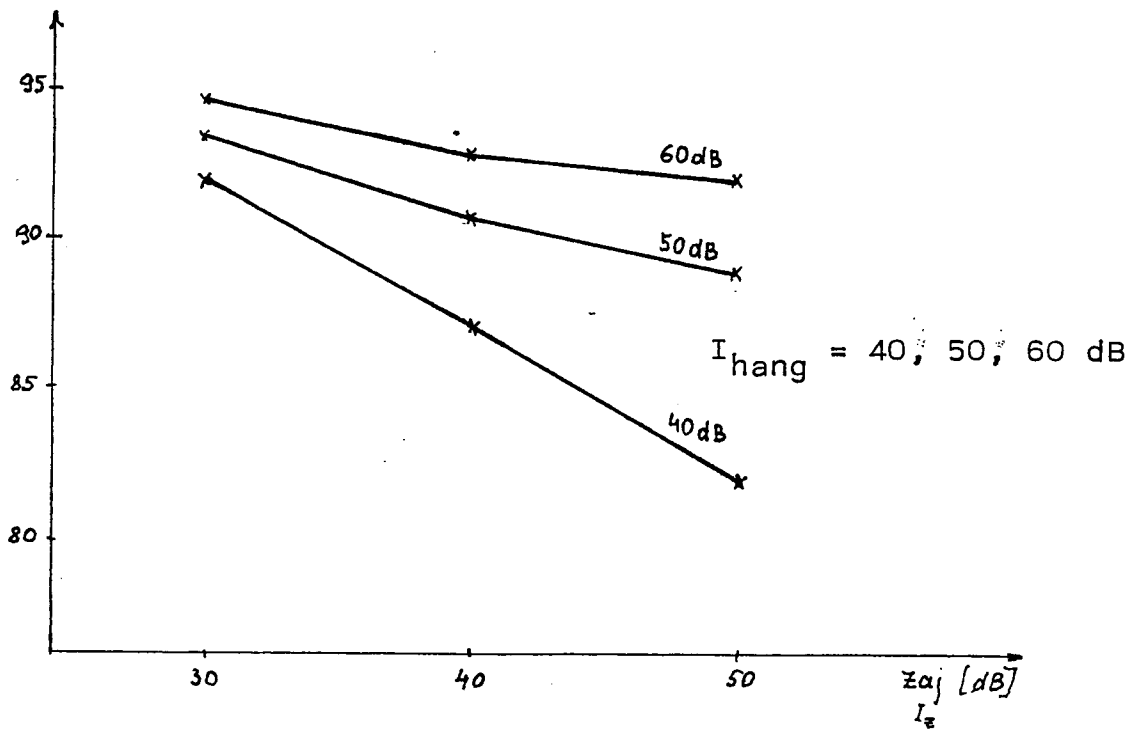
Beszédérthetőség [%]



Beszédérthetőség [%]



Beszédérthetőség [%]



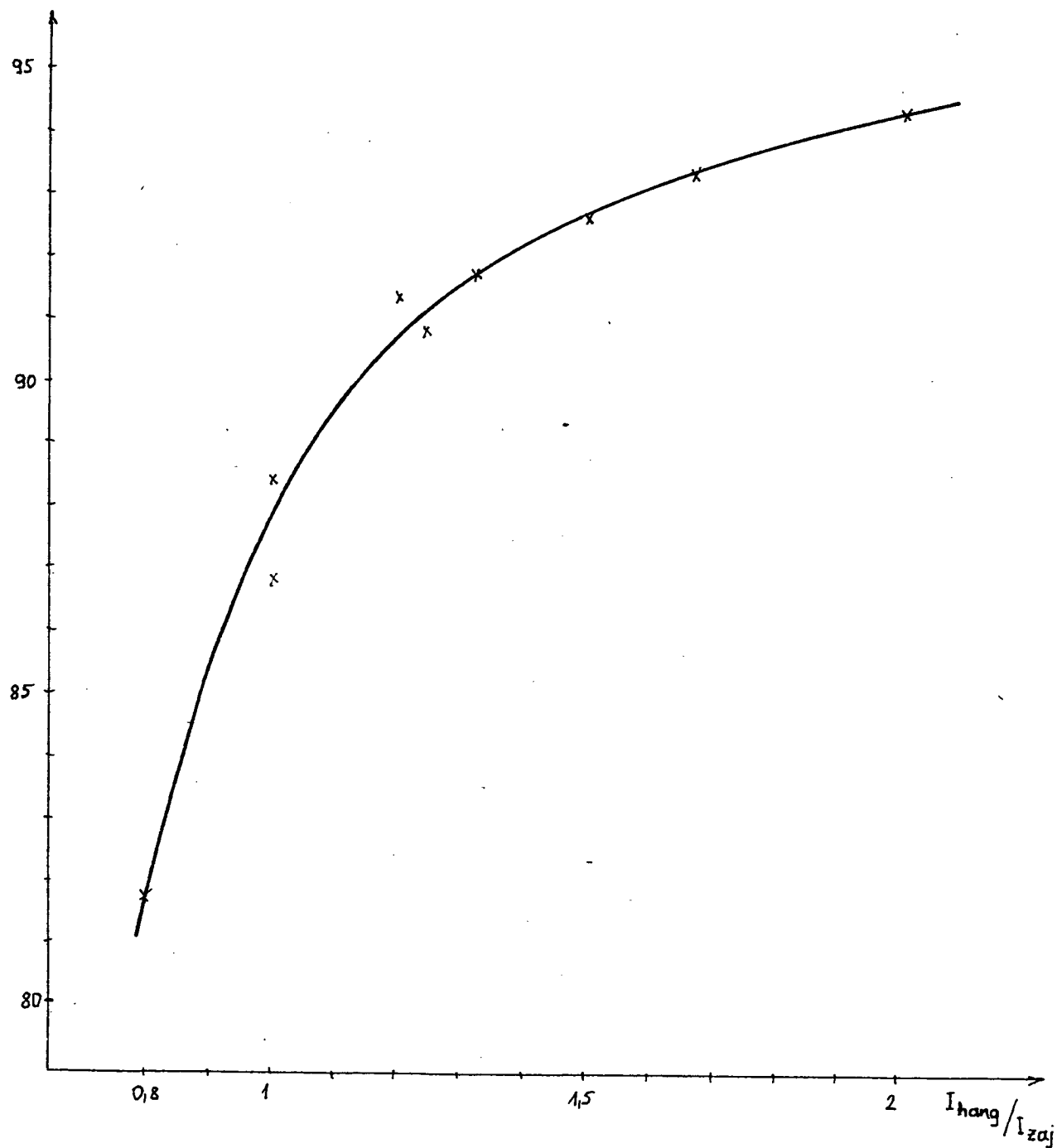
Az ábrákból leolvashatjuk, hogy a beszédérthetőség növekvő hangerőnél nagyobb lesz, növekvő zajintenzitásnál és távolságnál pedig csökken. Hogy milyen mértékű ez a növekedés, illetve csökkenés, ahhoz pontosabb összefüggést kell keresnünk.

Nézzük meg először, hogy a beszédhang-intenzitás és a zajintenzitás (I_h/I_z) arányától hogyan függ a beszédérthetőség. A hangforrás és a hallgató közötti távolságot most ne vegyük figyelembe, csak az összegzett átlagértékeket.

Készítsük el a következő táblázatot, majd ábrázoljuk a függvényt.

Hang- erő	60	60	60	50	50	50	40	40	40
Zaj- inten- zítás	30	40	50	30	40	50	30	40	50
I_h/I_z	2	1,5	1,2	1,66	1,25	1	1,33	1	0,8
Beszéd- érthető- ség	94,72	92,69	91,68	93,14	90,49	88,75	91,72	86,92	81,90

Beszédérthetőség [%]



Láthatjuk, hogy a pontok alapján lerajzolt függvény legjobban egy olyan görbével közelíthető, mely $I_h/I_z=0$ -nál nulla értéket vesz fel, nagy $I_h/I_z=0$ értékeknél pedig 1-hez közelít azaz matematikailag

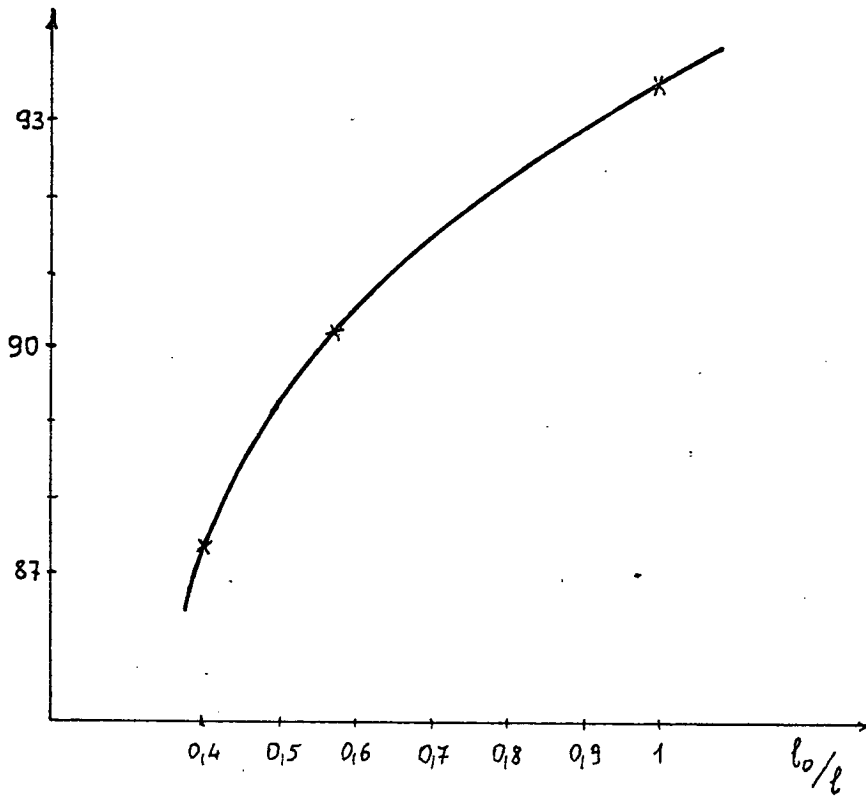
$$f/x/ = 1 - e^{-ax}$$

tipusú függvénnyel írható le.

Ezek után nézzük meg a beszédérthetőség hogyan függ a hangforrás és a hallgató közötti távolságtól. Az előzőekben láttuk, hogy közöttük fordított arányosság áll fenn, azért célszerű, hogy a távolság reciprokától való függést ábrázoljuk. Hogy a távolság dimenziójával ne legyen gondunk, vezessük be $l_0 = 2$ m bázistávolságot, azaz az 1. csoport /közeli/ tanulóinak átlagos távolságát a hangszórótól, és ábrázoljuk a beszédérthetőséget az (l_0/l) függvényében. Természetesen most a hangerőtől és a zajintenzitástól kell eltekintenünk és a három csoport /közeli, közepes, távoli/ beszédérthetőségi átlagértékeinek a számtani középértékeit, azaz átlagértékeit vesszük figyelembe.

Méréseink során három csoportra osztottuk fel a tanulókat, így csak 3 pontot kapunk, amelyeken keresztül kellett a görbét megrajzolni.

Beszédérthetőség [%]



l /m/	2	3,5	5
l_0/l	1	0,57	0,4
Beszédérthetőség [%]	93,52	90,14	87,35

A három ponton keresztül itt is az előbbihez hasonló függvény rajzolható fel, így most már matematikai alakban is megadható a beszédérthetőség függvénye:

$$B_e' (\%) = P \cdot \left(1 - e^{-s \cdot \frac{I_h}{I_z}} \right) \cdot \left(1 - e^{-a \cdot \frac{l_0}{l}} \right) \cdot 100$$

ahol B_e beszédérthetőség %-ban

P pszichológiai tényező

s agyi szelekciós tényező

I_h beszédhang intenzitása dB-ben

I_z zaj intenzitása dB-ben

l_0 bázistávolság $l_0 = 2m$

l a hallgató és a hangforrás közötti távolság
a akusztikai tényező

Tekintsük át a fenti egyenletben szereplő azon paramétereket, melyekkel még nem találkoztunk.

Pszichológiai tényező:

Azt fejezi ki, hogy a beszédkommunikáció során a hallgató, azaz a tanuló vagy a tanár milyen pszichológiai állapotban van. Ha a hallgató fáradt, feszült idegállapotban van, rossz a közérzete, stb. nem képes jól koncentrálni, figyelni, tehát egyes szótagokat, szavakat nem érti meg, vagy félreérti, téves információként hallja. A gyakorlatban p értéke $p = 0,8 \dots 1$ között van. Egyes extrém esetben természetesen ennél rosszabb is lehet.

Agyi szelekciós tényező:

Az agyunk képes arra, hogy a zavaró zajtól elkülönítse a hasznos információt, azaz a beszédhangot. Ezen szelekciót annál könnyebben, annál jobban végzi el, minél "semlegesebb" a zavaró zaj. Egy külső utcázajtól a beszédet sokkal jobban tudja szelektálni, mint a szomszéd tanteremből hangosan áthallatszó tanári magyarázatot, beszédet, mely ebben a szituációban zavaró zajként jelentkezik. Értéke $S = 1 \dots 4$ között van a gyakorlatban, utcai zajnál $S = 3 \dots 3,5$. Jól érthető, de zavaró zajként minősítendő beszédnél $S=1$ -hez közelít.

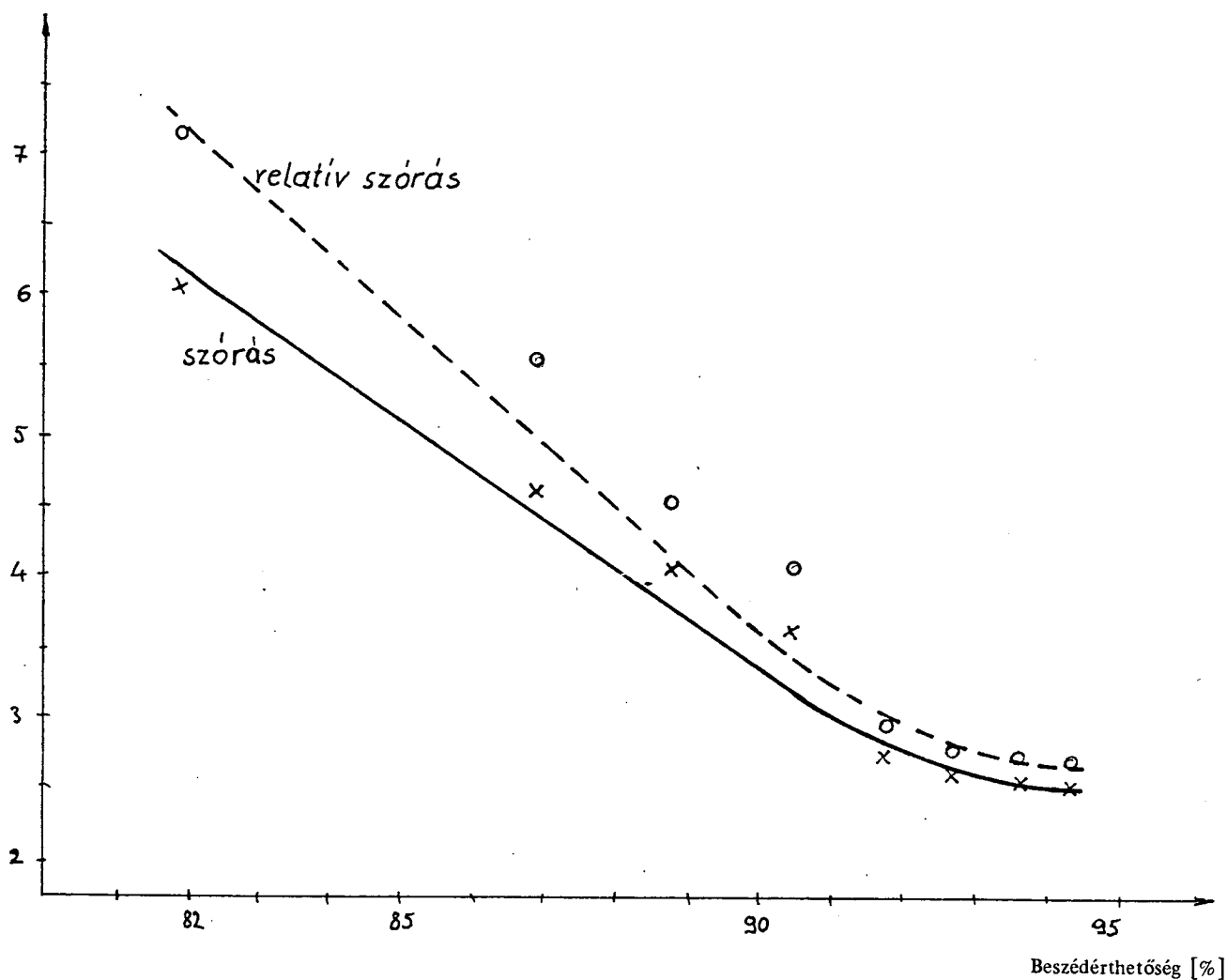
Akusztikai tényező

Az iskolában a tanítás-tanulás osztálytermekben zajlik. Az osztálytermek belső akusztikai paraméterei azonban eltérőek. Nagy, csupasz osztálytermekben a hang többszöri, csillapítatlan visszaverődése révén "csengeni" fog. De előfordulhat a fordítottja is, amikor túlcstillapítás révén a hang elnyelődik, "elvész". Az akusztikai tényező értéke tantermekre vonatkozóan $a = 3 \dots 5$ között található. Átlagos tantermeknél $a = 4,5 \dots 5$.

Meg kell jegyezni, hogy a fenti három tényező pontosabb elemzésére e dolgozat keretében nem volt lehetőség, de függvényünk pontosabbá tételéhez szükséges volt bevezetni őket. Értékintervallumunk megadása a mérések alapján számított és spekulatív úton történt.

Ezután nézzük meg, hogy a beszédérthetőség szórása és relatív szórása függ-e a beszédérthetőség nagyságától. Ábrázoljuk a szórás és relatív szórás értékeit a beszédérthetőség függvényében.

szórás
relatív szórás [%]



Az ábrából látható, hogy mind a szórás, mind a relatív szórás és a beszédérthetőség között fordított arányosság áll fenn, azaz

$$\text{beszédérthetőség} \sim \frac{1}{\text{szórás}}$$

$$\text{beszédérthetőség} \sim \frac{1}{\text{relatív szórás}}$$

A beszédérthetőség függvényének pedagógiai értelmezése

Az előző fejezetben megadtuk a beszédérthetőség függvényét, valamint szórása, relatív szórása és közte lévő kapcsolatot. Most a fenti összefüggések pedagógiai értelmezésével foglalkozunk annak érdekében, hogy a tanár az oktatásban hogyan tudja ezeket hasznosítani.

A függvényben szereplő egyik független változóval a zajintenzitással I_z , valamint az akusztikai paraméterrel nem szándékozunk részletesen foglalkozni. Egyrészt azért, mert egy adott osztályteremben ezek adottak, a pedagógusnak kevésbé áll módjában változtatni őket. Ezek főként épületakusztikai kérdések. Másrészt az iskolák, osztálytermek zajterheltsége a fejezetben az utcazaj és a szomszédos tanteremből átszűrődő zaj csökkentésének lehetőségeivel már részletesen foglalkoztunk.

Vizsgáljuk meg ezután a másik két független változó, a beszédhangerő valamint a beszélő és a hallgató közötti távolság célszerű megválasztásának milyen lehetőségei vannak? Meg kell jegyezni, hogy a "hangforrás" szó helyett nem véletlenül használtuk a "beszélő" kifejezést, ugyanis a gépi hang^{nak} az oktatásban való felhasználásával, a hangszórók célszerű elhelyezésével egy külön fejezetben kívánunk foglalkozni. Azaz most a beszélő a tanulás-tanítás folyamatának két résztvevője a tanár és a tanuló lesz.

Hogy helyes következtetésekhez jussunk; vizsgálódásainkat az osztálykeretben folyó tanítás-tanulás szervezeti formáival és főbb módszereivel szoros kapcsolatban kell megtennünk.

Az osztálykeretben folyó tanítás-tanulás megszervezésének hagyományos és azt mondhatjuk még ma is, a legjellegzetesebb formája a frontális osztályfoglalkoztatás, melynek fő módszerei a tanári ismeretközlés, a kérdés-felelet módszer és a beszélgetés. A tanár és a tanuló között a kommunikáció egy meghatározott zajszint mellett, a zajhoz általában igazodó hangerővel folyik. A beszélő és a hallgató közötti távolság attól függ, hogy a tanuló az első vagy az utolsó padsorokban ül-e. Legnagyobb a távolság a legutolsó padsorban ülő tanulók és a tanár között. Tehát legrosszabb a beszédérthetőség a legutolsó padsorban ülő tanulóknál akár mint hallgató, akár mint beszélő vesz részt a kommunikációban, melyet a mérések is bizonyítottak. Azt a pedagógiailag teljesen helytelen "nevelési módszert" szinte meg sem merjük említeni, mely "módszernél" a tanár a jó tanulókat az első padsorba ülteti, a rosszakat a hátsóba, hogy ezáltal "neveljen". A rosszabb képességű tanulóknak így minden esélyük megvan arra, hogy még jobban lemaradjanak társaiktól, hiszen nagyon zajos osztálytermeknél egész nap nagyon oda kell figyelni a tanári magyarázatra, hogy mindent jól halljanak, megértsenek. A nagyon zajos osztálytermekben a hátsó

padsorokban /a továbbiakban tételezzük fel, hogy nem "nevelési" célból/ülő tanulók az állandó megfeszített figyelési kényszer miatt pszichológiailag jobban terheltek, hamarabb elfáradnak.

Itt mindjárt kapcsolódhatunk is az egyenletben szereplő pszichológiai tényezőhöz. Ezen tényező értékét időben nem tekinthetjük állandó értékűnek, hiszen függ az egyén lelkiállapotától. Ebből adódóan a hátsó padsorban ülő tanulókra nemcsak az jelent hátrányt, hogy nagy a tanár és a tanuló közötti távolság, hanem hamarabb kifáradnak a fokozottabb figyelési kényszer következtében. Ezért célszerű megvizsgálni a pedagógusnak, hogy egy zajos osztályterem hátsó padsorában ülő tanulónál a társaitól való lemaradás egyik fő oka nem az-e, hogy az utolsó padsorban ül, hamar kifárad, rosszul érti a tanári magyarázatot. Láthatjuk, hogy egyetlen járható út frontális osztályfoglalkoztatásnál a beszédérthetőség növelésére a beszédhangerő növelése. Azonban ennek korlátai vannak. Az ember nem képes bizonyos hangerőnél "hangosabban" beszélni és a hangos, "emelt hangerejű" beszéd fárasztó is. Az osztályterem ablakai alatt működő légkalapács vagy eldübörgő busz, villamos zaját nehéz "túlkiabálni". Ezen túlmenően a beszédhangerő egy kicsit egyénhez is kötött, akár a tanár, akár a tanuló oldaláról nézzük. Vannak halkak és hangosan beszélő tanárok, tanulók. Természetesen a beszűrődő nagy zaj mind a tanárt, mind a tanulót arra

kényszeríti, hogy az "egyéniségéhez" képest hangosabban beszéljen, de ez már fizikailag és pszichikailag is fárasztó. Ezt a tényt támasztják alá azok a beszélgetések is, melyeket nagyon zajos iskolában oktató tanárokkal folytattunk a méréseink során. Ezek a tanárok elmondták, hogy a nagyon zajos osztályterekben kénytelenek emelt hangerővel beszélni, szinte kiabálni, és sokkal hamarabb elfáradnak, mind amikor csendesebb osztályban tanítanak.

A fentiekkel összefüggésben még beszélnünk kell a beszédérthetőség és a szórás közötti kapcsolatról. Mint azt az előző részben láthattuk, csökkenő beszédérthetőségnél a szórás növekszik. Milyen pedagógiai következtetést vonhatunk ebből le?

Pedagógiai méréseknél, összefüggések megállapításánál általában átlagértékekkel számolunk. Alacsony beszédérthetőségi átlagértékeknel, melyekhez nagy szórásértékek tartoznak, egyes tanulóknál az átlagtól nagyon eltérő beszédérthetőségi értékek adódhatnak, melyet jól láthatunk a hisztogramokból is. A tanítás-tanulás folyamatában azonban nem "átlagtanulók" és hozzájuk tartozó átlagértékek vesznek részt. Ebből következik, hogy nagyon zajos osztálytermeknél a hátsó padosorban ülő egyes tanulók beszédérthetőségei erősen eltérhetnek az átlagtól. Azoknál a tanulóknál, ahol ez az eltérés negatív irányba mutat, a beszédérthetőségük jóval alacsonyabb az átlagosnál, azaz a tanári magyarázatot, előadást nagyon rosszul értik, vagy teljesen félreértik.

Ez a tény nagyban befolyásolja osztályszinten is a tanítás-tanulás hatékonyságát.

Nézzük meg ezután hogyan alakul a beszédérthetőség a differentiált osztálymunkánál és a csoportmunkánál? Már az előzőekben leírtakban megállapítottuk, hogy egy adott zajszintű osztályferemben a beszélő és a hallgató közötti távolság a legdominánsabb a beszédérthetőség szempontjából, hiszen az emberi beszéd intenzitásának korlátai vannak. Differentiált osztálymunkánál és csoportmunkánál ezen távolságot jelentősen le lehet csökkenteni, hiszen a tanár a csoportokhoz is és az egyes tanulókhoz is - akiknek instrukciót ad, vagy akikkel beszélget, vagy ismereteket közöl - közel tud menni, azaz a beszédérthetőség is megnő. Természetesen a kialakított csoportokon belül a tanulók is optimálisabb körülmények között tudnak egymással kommunikálni, mert a távolság is kicsi köztük. Kissé zavaró körülményként hat a másik csoportok, tanulók beszélgetéseinek zaja, azonban az egyes csoportokon belül a hangerő a kis távolságok miatt alacsony lehet. Így a több irányból jött beszéd összegeként kialakuló halk semleges beszédzaj intenzitását és hatását tekintve is kisebb, mint egy nagyon zajos osztályterembe kívülről beszűrődő erős utcazaj. A mérések előtti és utáni beszélgetések során még megpróbáltunk választ kapni arra, hogy a tanítás-tanulás során melyek azok a

tantárgyak, melyekre nézve a nagyon erős külső zaj a legkevésbé, illetve a legnagyobb mértékben zavaró. Mind a tanulók, mind a tanárok elmondták, hogy az erős zaj legkellemetlenebb az idegennyelvi órákon /orosz, német/, legkevésbé zavaró a rajz, magyar és matematika órákon. Az idegen nyelvek tanításakor, tanulásakor, mikoris nincs meg annak a lehetősége, illetőleg ki kell zárni annak a lehetőségét, hogy a mondat struktúrájából adódóan a meg nem értett, vagy félreértett szavakat, szóttagokat ki lehet következtetni, esetleg az agyunk korrigálni tudja őket, mind a tanár, mind a tanuló szempontjából a beszédérthetőségnek nagyon nagy szerepe van.

Összegzésként leszögezhetjük, hogy különösen a nagyon zajos osztályterekben az egyes tanítási órákon a tanárnak ügyelni kell arra, hogy az osztályon belüli munkát milyen formában szervezi meg, milyen módszerek alkalmaz. Idegen nyelvek tanításánál a külső zajt kiküszöbölhetjük, ha az órát nyelvi laborban tartjuk. Ha erre nincs lehetőségünk, úgy törekednünk kell arra, hogy a csoportmunkát és a differenciált osztálymunkát részesítsük előnyben a frontális osztályfoglalkoztatással szemben. Nagyon zajos osztályterekben más tantárgyak tanításánál is hasonló a helyzet. Tehát láthatjuk a differenciált osztálymunka és a csoportmunka nemcsak a klasszikus értelemben vett peda-

gógiaailag előnyös bizonyos esetekben, hanem az oktatás hatékonyságát is növeli ezáltal, hogy mind a tanár, mind a tanulók jobban értik egymás beszédét, kevésbé fáradnak el az órán, emellett elősegítik a tanulói önállóság érvényesülését és a tanár is könnyebben alkalmazkodhat a tanulók fejlettségéhez.

IV. Gépi hang az oktatásban

Az auditív softwarek használata a tanítás-tanulás folyamatában az utóbbi 10-15 évben nagyon elterjedt. Használjuk őket önálló hanganyagokként, de úgyis mint hangosított diasorozatot, vagy oktatócsomagok részei. Ezen auditív softwarek közül a leggyakrabban és legáltalánosabban használt a magnetofonszalag. Nézzük meg, milyenek a magnetofonszalagok, illetve a magnetofonkészülékek a pedagógiai területen való felhasználásának lehetőségei.

Magyar nyelv- és irodalom

Idegen nyelvek tanítása

Történelem

Ének-zene

Földrajz, környezetismeret

Testnevelés

Osztályfőnöki óra

A felsorolt szaktantárgyakon kívül természetesen más oktatási területeken /főiskolák, egyetemek, KISZ, honvédség speciális anyagai/ is alkalmazható a magnetofon az oktatás hatékonyságának növelésére.

A felhasználás során azonban felmerülnek bizonyos pedagógiai és műszaki problémák is. Ilyen pl. a magnetofon

használatával való "visszaélés". A tanár munkáját segítheti, de nem pótolhatja a gép. Elengedhetetlenül szükséges a tanulók és a tanár közötti személyes kontaktus.

Ezzel párhuzamosan létezik egy ellenkező irányú, de épp olyan veszélyes tendencia is: a készülék használatától való idegenkedés, a készülékek elfektetése, kihasználatlansága. Ennek okai pedagógiai és műszaki jellegűek. Az audiovizuális eszközök órán való felhasználása sokkal több előkészítő munkát kíván a pedagógustól, amelyet nem mindegyik vállal. A nem kellő műszaki ismeret pedig maga után vonja a készülék használatától való idegenkedést. Ezen túlmenően a hazai kereskedelemben kapható magnók általában nem iskolai használatra készültek. Tervezésnél nem vették figyelembe az oktatói tevékenység során fellépő többletterheléseket, igénybevételt. Legtöbb magnó megbízhatósági paraméterei sem megfelelőek oktatási célra. Ezzel párhuzamos a szervizelhetőség kérdése, ami sajnos nem megoldott, és a javíttatási költségek is magasak.

E kis bevezető után nézzük meg, hova helyezzük az osztályteremben belül a magnetofonkészüléket, vagy a hozzá csatlakoztatható hangszórót, illetve hangszórókat, hogy a lehető legjobban érthető legyen az általa közölt információ.

Hangszórók elhelyezése az osztályteremben

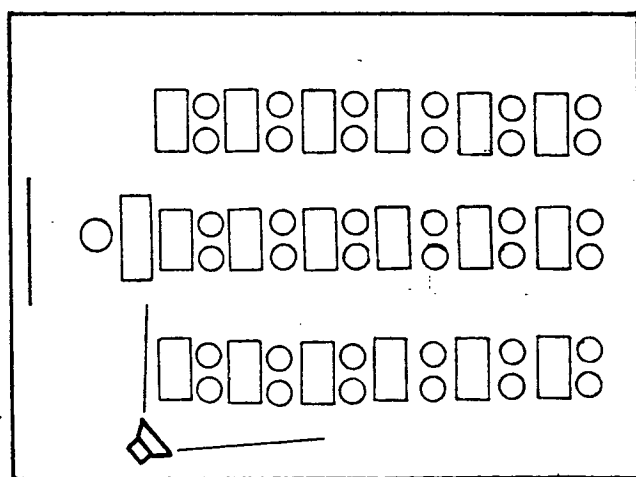
A legegyszerűbb esetben - ami általában a legáltalánosabban használt, de korántsem a legoptimálisabb megoldás - a pedagógus a tanári asztalon helyezi el a készüléket és annak saját beépített hangszóróját használja. Azonban itt felmerül a következő probléma: orsós magnóknál általában a kezelőszervek és a beépített hangszóró/k/ úgy lettek már gyárilag beépítve, hogyha a kezelőszervek a tanár felé néznek, úgy hangszóró/k/ oldalirányba sugároznak, nem pedig az osztály, a tanulók irányába. A kazettás készülékek nagy százalékánál pedig az asztalra fektetett készülék hangszórója a mennyezet felé sugároz.

Fentiek alapján már megfogalmazhatjuk azt az alapvető pedagógiai követelményt; ha saját hangszórójával használunk magnetofonkészüléket, úgy hangszórójának képzeletbeli tengelye az osztály, a tanulók felé nézzen, azaz a hangszóró a tanulók felé sugározzon.

Ennél előnyösebb megoldás, ha nem a készülék saját beépített hangszóróját használjuk, hanem hozzácsatlakoztatunk - amennyiben lehetőség van erre - külön hangdobozt, hangfalat. Ezen hangdoboznak nem kell szuper HI-FI minőségűnek, nagyméretűnek lenni. Megfelel a célra a kereskedelmben kapható 5-10 liter térfogattartalmú hangdoboz, amelynek ára sem túl magas.

Használata azért is előnyös, mert a magnóba beépített hangszórók általában nem a legjobb minőségűek, akusztikus csatolásuk a környezethez rossz. Tehát csak gyenge hangminőséget szolgáltatnak, hangerejük sem mindig kielégítő.

A hangdobozt tehetjük a tanári asztalra a magnó mellé is, de jobb az a megoldás, ha kb. 2 méter magasra, a tanári asztal mellett a falra felszerelve használjuk úgy, hogy a hangszóró a tanulók felé sugározzon, ilyenkor ugyanis az első padokban ülő tanulók nem árnyékolják le a hangszóró sugárzását. /9. ábra/

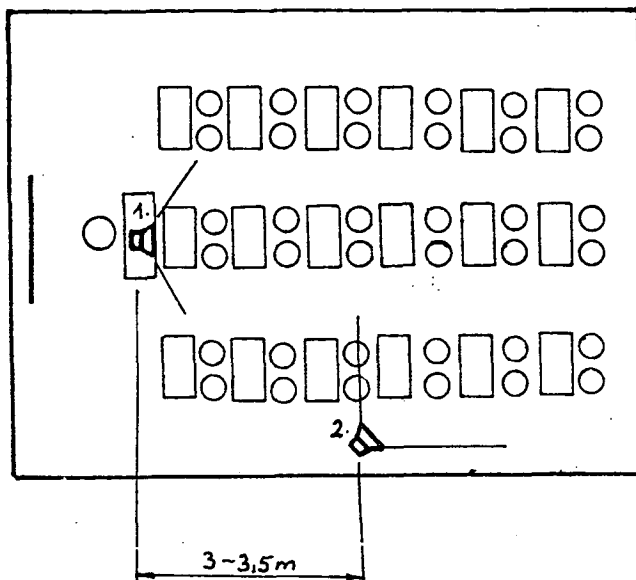


9. ábra

Az oktatás során használt magnószalagok kevés kivételtől eltekintve mono szalagok. Ezeket a szalagokat természetesen sztereo magnókon is lejátszhatjuk. Mivel a sztereokészülékeknek általában sztereo vég-erősítőjük van, így két hangszórót is csatlakoztathatunk hozzájuk. Ezzel kapcsolatban egy érdekes mérőssorozatot folytattunk le, melyet már az előző fejezetben megemlítettünk. Arra akartunk választ kapni, hogy a két hangdoboz /hangszóró/ különböző elhelyezéseitől függ-e egy adott tantermen belül a beszédérthetőség, és van-e optimális elhelyezési mód a két hangszóróra vonatkozóan, természetesen csak mono hangfelvételek lejátszásánál. Sztereo felvételek lejátszásánál - mely az oktatásban elsősorban sztereo hanglemmez felvételek felhasználását jelentik, elsősorban énekórákon - a hangszórók elhelyezésének szigorú műszaki-akusztikai követelményei vannak, mellyel itt nem kívánok foglalkozni.

Kétfajta mérési sorozatot folytattunk le nagyon zajos osztálytermekben, melyekben a beszűrődő utcazaj intenzitás szintje 50 dB körül volt.

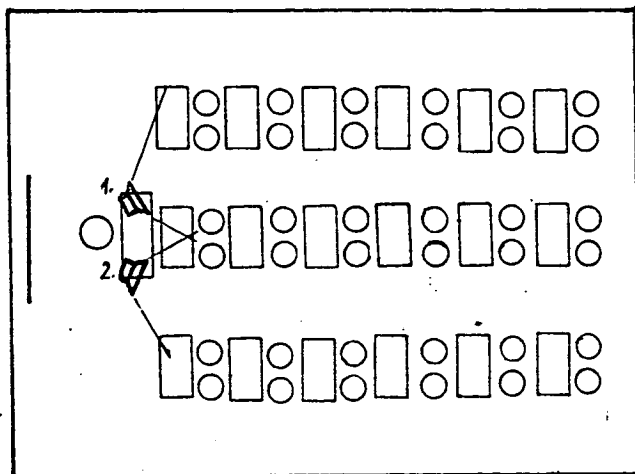
Az egyik mérőssorozatnál - mely a II. sorszámot viselte - az egyik hangszórót a tanár asztalon helyeztük el, a másikat pedig oldalt a falon a tanári asztaltól 3 - 3,5 méter távolságra. /10. ábra/



10. ábra

A másik méréssorozatnál /III.sz. méréssorozat/ mindkét hangdobozt a tanári asztalra tettük. /11. ábra/

Mindkét méréssorozatot az előző fejezetben leírt mérésekhez hasonlóan folytattuk le, a mérés eredményeit, megadtuk táblázatban, hisztogram segítségével ábrázoltuk azokat, kiszámítottuk, majd táblázatban megadtuk a beszédérthetőség átlagértékeit, szórását, és relatív szórását. /12. ábra/



11. ábra

Ábrázoljuk ezután a beszédérthetőség átlagértékeit különböző hangerőnél a hangforrás és a hallgató közötti távolság függvényében. A II. sz. mérésnél - melynél az egyik hangszóró oldalt lett elhelyezve - ezen távolságot definiáljuk a tanári asztalon működő hangszórótól való távolsággal annak érdekében, hogy a két méréssorozat adatait össze tudjuk hasonlítani.

El- helyezés	Hangerő	Beszédérthetőség %				Szórás (s)	Relatív szórás (v)
		Közel l = 2 m	Közepes l = 3,5m	Távoli l = 5 m	Összesített		
Két hangszóró tanári asztalón	60 db	94,14	92,07	90,13	92,09	2,71	2,94
	50 db	92,66	89,33	87,03	89,65	3,63	4,05
	40 db	88,97	83,87	78,77	83,78	5,41	6,46
Két hangszóró, egyik oldalt	60 db	93,74	93,00	91,30	92,67	2,29	2,47
	50 db	92,17	90,17	88,70	90,18	2,95	3,27
	40 db	88,31	86,00	85,07	86,67	3,52	3,95

12. ábra

Ha az ábrázolt beszédérthetőségi értékeket összehasonlítjuk a két méréssorozathoz, a következőket állapíthatjuk meg:

A "közel" csoportnál a két méréssorozat eredményei között az eltérés minimális. A "közepes", de legfőképpen a "távoli" csoport eredményeinél az eltérés már nagyon is szembetűnő. A II. sz. mérés /oldalt is van hangszóró/ beszédérthetőségi átlagértékei a "távoli" csoportnál lényegesen jobbak, mint a III.sz. mérés beszédérthetőségi átlagértékei.

II/1. sz. mérés

Nagyon zajos osztályterem; nagy hangerő.

1 hangszóró tanári asztalon, 1 hangszóró oldalt

$$I_{\text{zaj}} = 50 \text{ dB}, I_{\text{hang}} = 60 \text{ dB}$$

Tévesztett hangok száma	Tanulók száma			
	Közeli n=29	Közepes n=30	Távoli n=30	Összesített n=89
3	2	1		3
4	3	3	1	7
5	5	3	2	10
6	7	5	2	14
7	5	6	4	15
8	3	5	5	13
9	3	4	5	12
10		2	4	6
11	1		3	4
12		1	3	4
13			1	1

Átlagértékek:

$$\text{Tévesztett hangok száma /közeli/} = 6,26$$

$$\text{Tévesztett hangok száma /közepes/} = 7,00$$

$$\text{Tévesztett hangok száma /távoli/} = 8,70$$

$$\text{Tévesztett hangok száma /összesített/} = 7,33$$

$$\text{Beszédérthetőség /közeli/} = 93,74$$

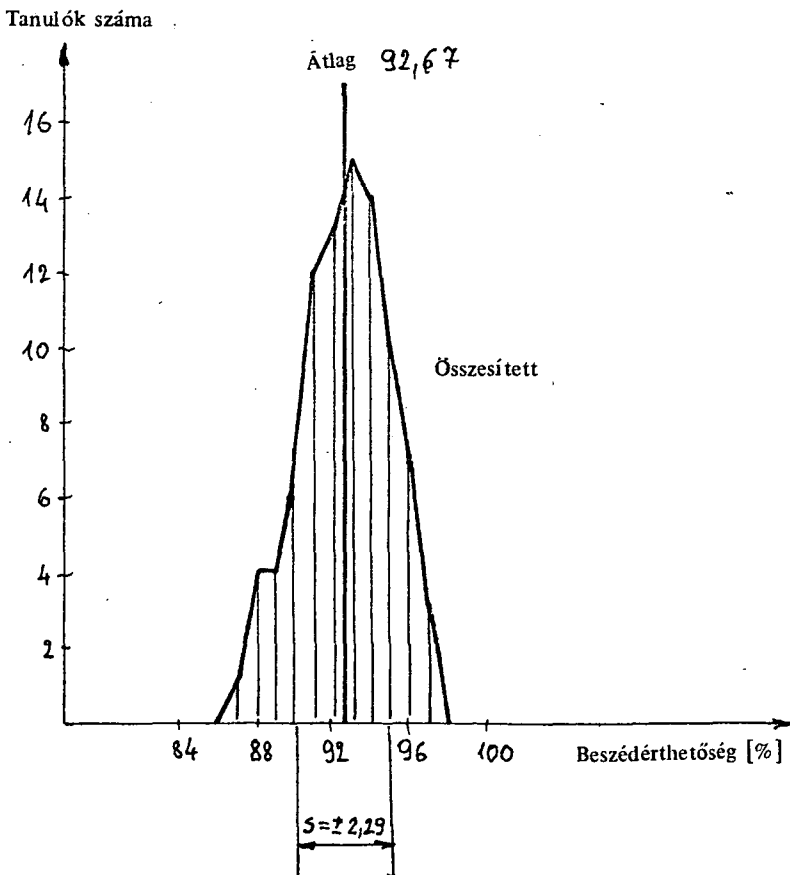
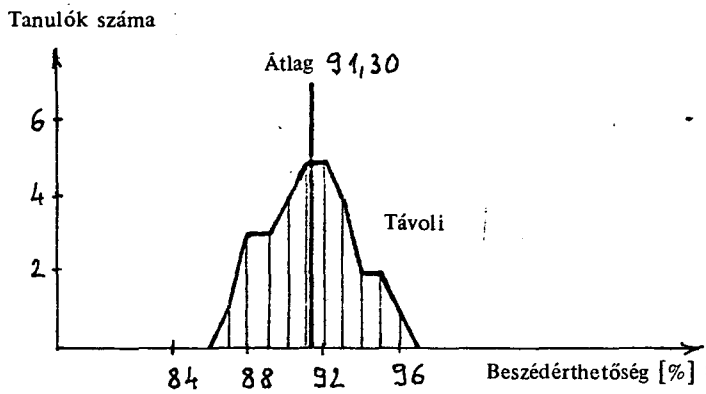
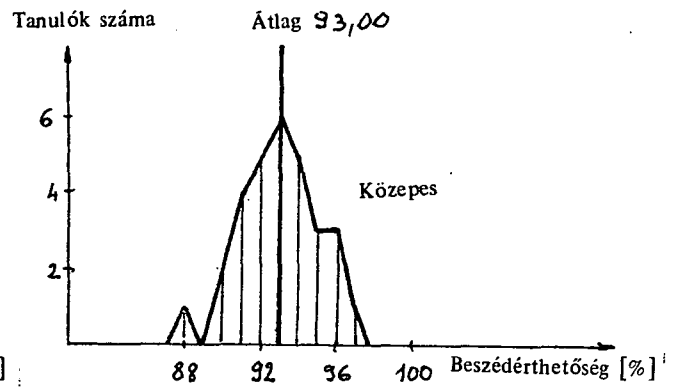
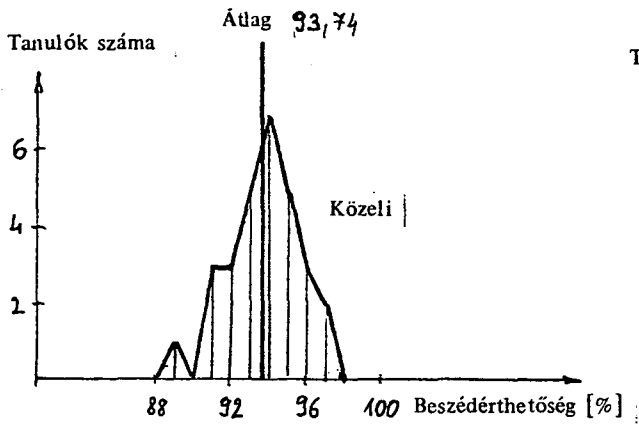
$$\text{Beszédérthetőség /közepes/} = 93,00$$

$$\text{Beszédérthetőség /távoli/} = 91,30$$

$$\text{Beszédérthetőség /összesített/} = 92,67$$

$$S = \sqrt{\frac{469,88}{89}} = \pm 2,29$$

$$V = \frac{229}{92,67} = 2,47$$



II/2.sz. mérés

Nagyon zajos osztályterem, közepes hangerő
1 hangszóró tanári asztalon, 1 hangszóró oldalt

$I_{\text{zaj}} = 50 \text{ dB}, I_{\text{hang}} = 50 \text{ dB}$

Tévesztett hangok száma	Tanulók száma			
	Közeli n = 29	Közepes n = 30	Távoli n = 30	Összesített n = 89
3	1			1
4	2			2
5	2	1		3
6	4	2	1	7
7	5	3	1	9
8	4	3	2	9
9	4	5	4	13
10	2	4	5	11
11	3	4	4	11
12	1	3	4	8
13		3	2	5
14	1	1	3	5
15		1	2	3
16			1	1
17				
18			1	1

Átlagértékek:

Tévesztett hangok száma /közeli/ = 7,83

Tévesztett hangok száma /közepes/ = 9,83

Tévesztett hangok száma /távoli/ = 11,30

Tévesztett hangok száma /összesített/ = 9,82

Beszédérthetőség /közeli/ = 92,17

Beszédérthetőség /közepes/ = 90,17

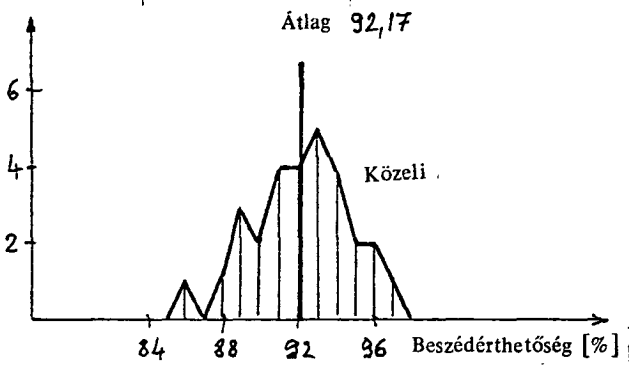
Beszédérthetőség /távoli/ = 88,70

Beszédérthetőség /összesített/ = 90,18

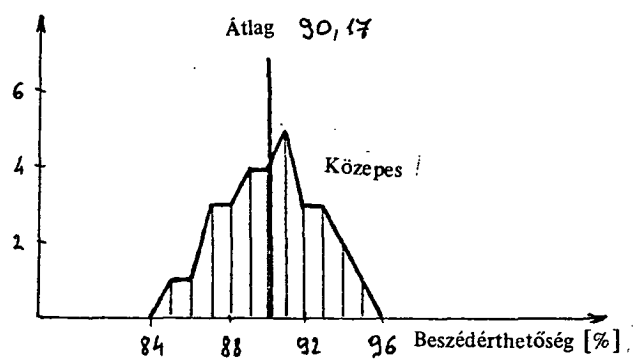
$$S = \sqrt{\frac{773,43}{89}} = \pm 2,95$$

$$V = \frac{295}{90,18} = 3,27$$

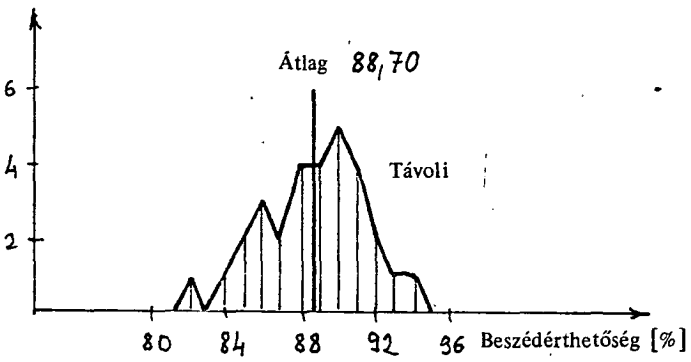
Tanulók száma



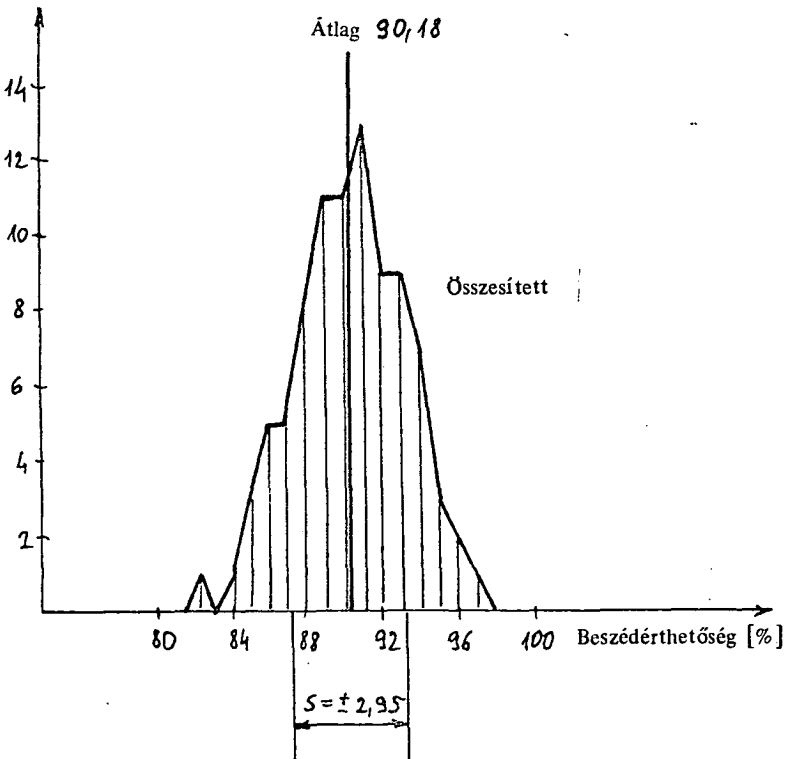
Tanulók száma



Tanulók száma



Tanulók száma



II/3. sz. mérés

Nagyon zajos osztályterem, kis hangerő

1 hangszóró tanári asztalom 1 hangszóró oldalt

$F_{\text{zaj}} = 50 \text{ dB}$, $I_{\text{hang}} = 40 \text{ dB}$

Tévesztett hangok száma	Tanulók száma			
	Közelit n = 29	Közepes n = 30	Távoli n = 30	Összesített n = 89
5	1			1
6				
7	1	1		2
8	2	1		3
9	2	2	1	5
10	3	2	1	6
11	5	3	2	10
12	4	3	2	9
13	4	4	2	10
14	2	4	3	9
15	2	3	4	9
16	2	2	4	8
17		2	3	5
18	1	1	2	4
19			1	1
20		1	2	3
21		1	1	2
22				
23				
24			1	1

Átlagértékek:

Tévesztett hangok száma /közelit/ = 11,69

Tévesztett hangok száma /közepes/ = 14,00

Tévesztett hangok száma /távoli/ = 14,93

Tévesztett hangok száma /összesített/ = 13,33

Beszédérthetőség /közelit/ = 88,31

Beszédérthetőség /közepes/ = 86,00

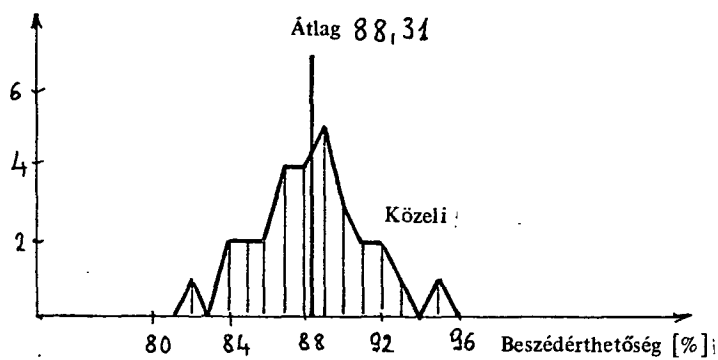
Beszédérthetőség /távoli/ = 85,07

Beszédérthetőség /összesített/ = 86,67

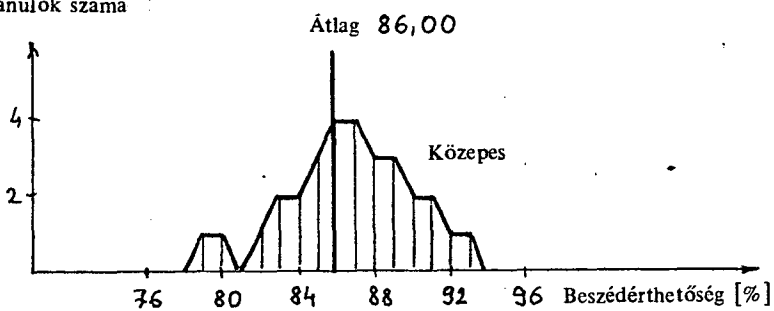
$$S = \sqrt{\frac{1102,4}{89}} = \pm 3,52$$

$$V = \frac{352}{89} = 3,95$$

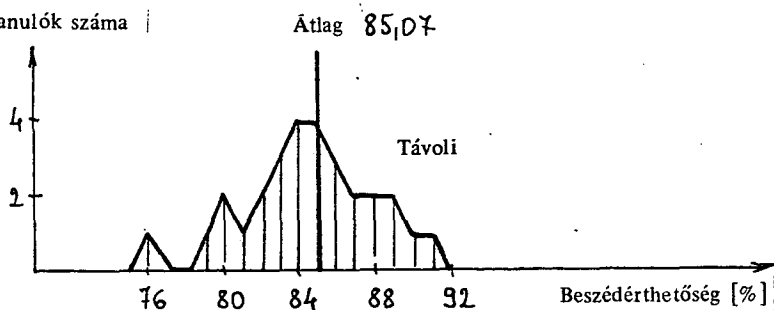
Tanulók száma



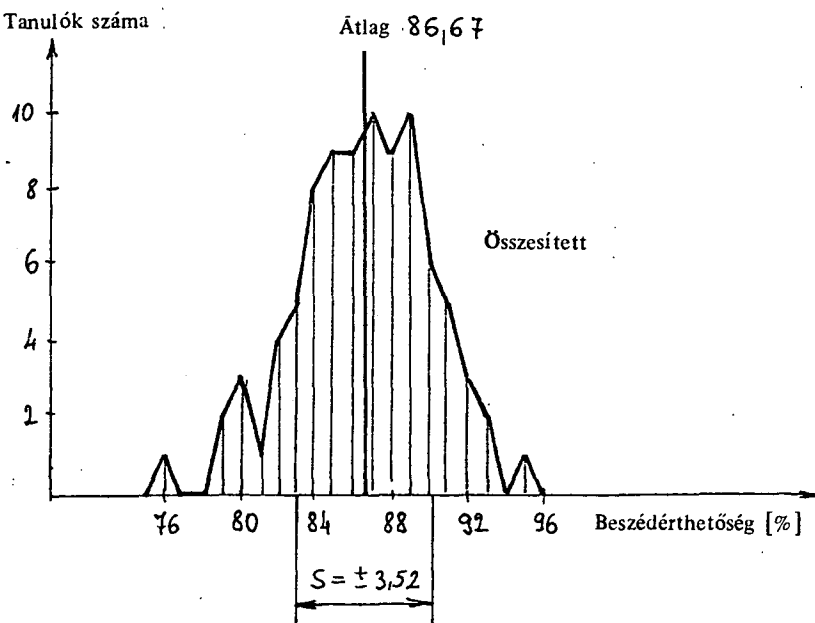
Tanulók száma



Tanulók száma



Tanulók száma



III/1. sz. mérés

Nagyon zajos osztályterem, nagy hangerő
2 hangszóró a tanári asztalon

$$I_{\text{zaj}} = 50 \text{ dB} \quad I_{\text{hang}} = 60 \text{ dB}$$

Tévesztett hangok száma	Tanulók száma			
	Közelit n = 29	Közepes n = 30	Távoli n = 30	Összesített n = 89
3	2	1		3
4	4	1		5
5	7	3	1	11
6	6	3	2	11
7	5	5	2	12
8	3	5	4	12
9	2	4	4	10
10		3	5	8
11		3	5	8
12		2	3	5
13			2	2
14			1	1
15				
16			1	1

Átlagértékek:

Tévesztett hangok száma /közelit/ = 5,86

Tévesztett hangok száma /közepes/ = 7,93

Tévesztett hangok száma /távoli/ = 9,87

Tévesztett hangok száma /összesített/ = 7,91

Beszédérthetőség /közelit/ = 94,14

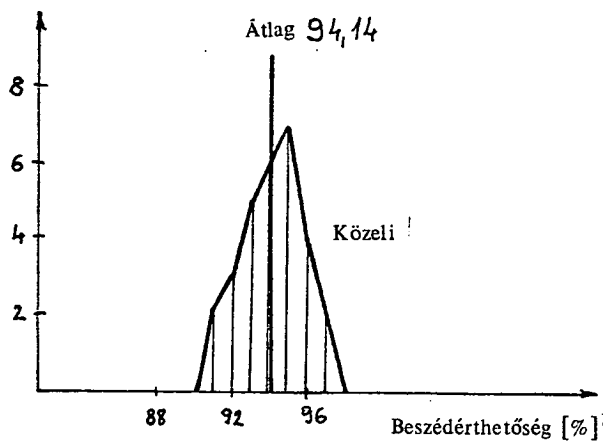
Beszédérthetőség /közepes/ = 92,07

Beszédérthetőség /távoli/ = 90,13

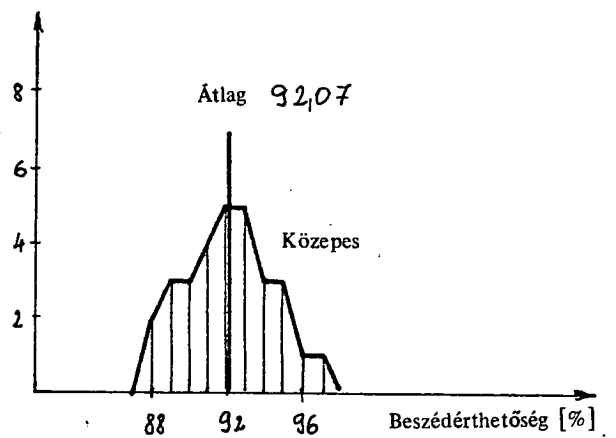
Beszédérthetőség /összesített/ = 92,09

$$S = \sqrt{\frac{653,27}{89}} = \pm 2,71 \quad V = \frac{271}{92,09} = 2,94$$

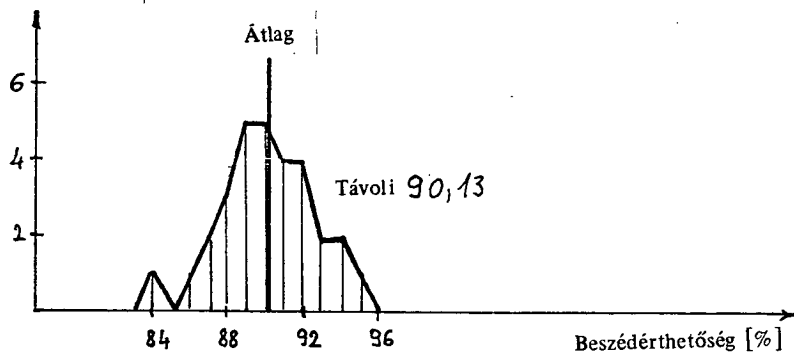
Tanulók száma



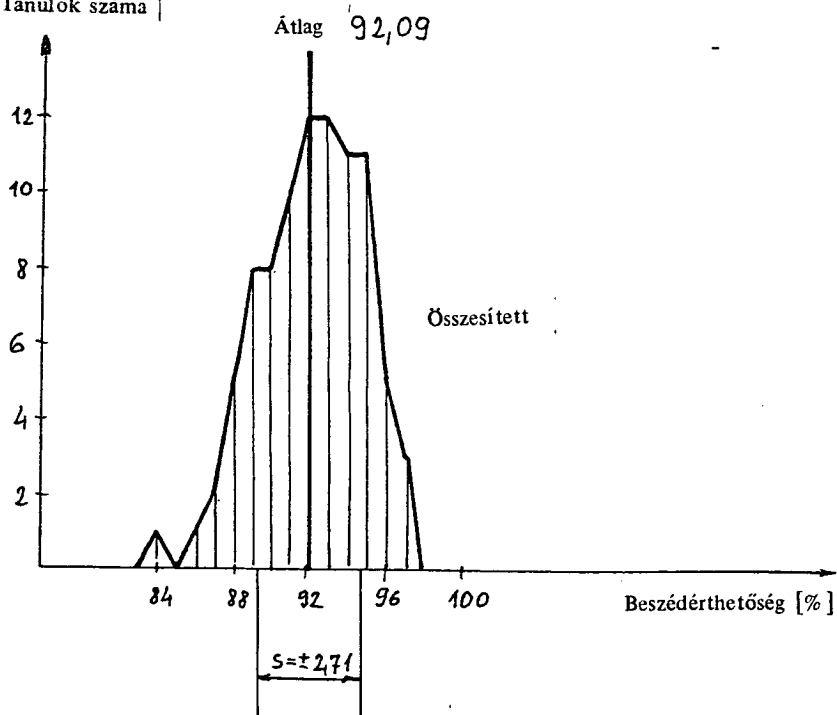
Tanulók száma



Tanulók száma



Tanulók száma



III/2. sz. mérés

Nagyon zajos osztályterem, közepes hangerő

2 hangszóró a tanári asztalon

$$I_{\text{zaj}} = 50 \text{ dB} \quad I_{\text{hang}} = 50 \text{ dB}$$

Tévesztett hangok száma	Tanulók száma			
	Közeli n = 29	Közepes n = 30	Távoli n = 30	Összesített n = 89
3	1			1
4	2			2
5	4	1		5
6	4	1		5
7	5	2	1	8
8	4	3	2	9
9	3	3	2	8
10	3	5	3	11
11	2	4	3	9
12	1	3	2	6
13		3	3	6
14		2	4	6
15		2	3	5
16			3	3
17		1	2	3
18				
19			1	1
20			1	1

Átlagértékek:

Tévesztett hangok száma /közeli/ = 7,34

Tévesztett hangok száma /közepes/ = 10,67

Tévesztett hangok száma /távoli/ = 12,97

Tévesztett hangok száma /összesített/ = 10,35

Beszédérthetőség /közeli/ = 92,66

Beszédérthetőség /közepes/ = 89,33

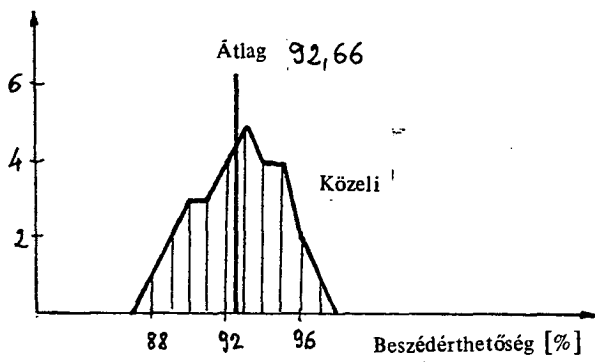
Beszédérthetőség /távoli/ = 87,03

Beszédérthetőség /összesített/ = 89,65

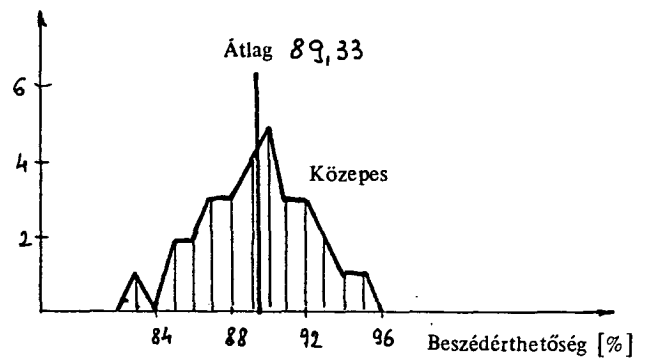
$$S = \sqrt{\frac{1174,47}{89}} = \pm 3,63$$

$$V = \frac{363}{89,65} = 4,05$$

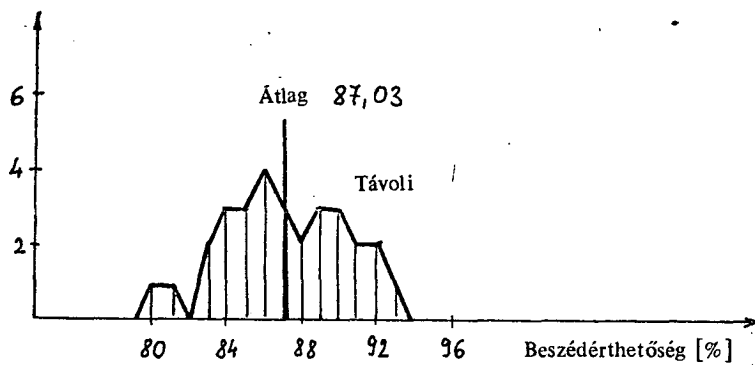
Tanulók száma



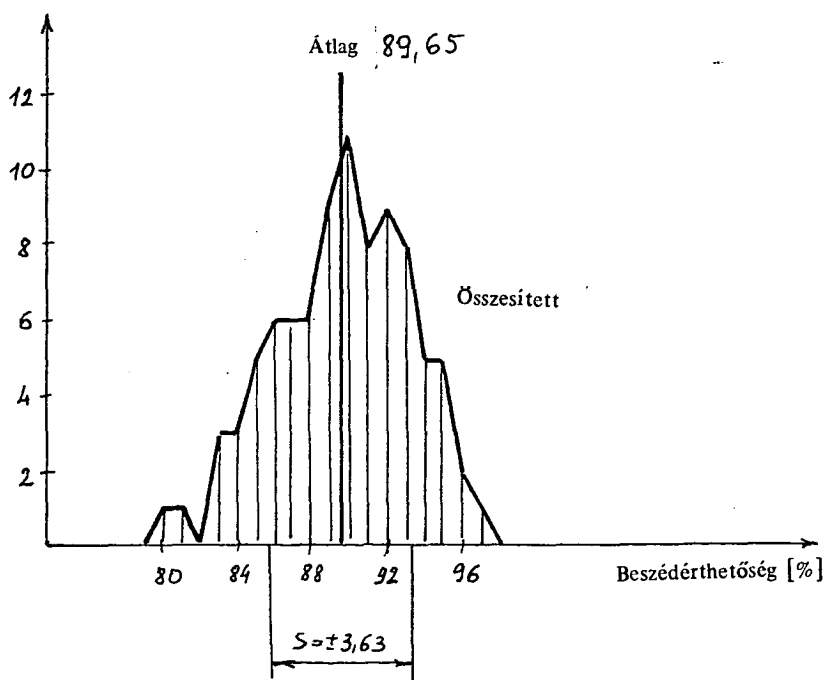
Tanulók száma



Tanulók száma



Tanulók száma



III/3. sz. mérés

Nagyon zajos osztályterem, kis hangerő

2 hangszóró a tanári asztalon

$$I_{\text{zaj}} = 50 \text{ dB} \quad I_{\text{hang}} = 40 \text{ dB}$$

Tévesztett hangok száma	Tanulók száma			
	Közeli n = 29	Közepes n = 30	Távoli n = 30	Összesített n = 89
5	1			1
6	1			1
7	2			2
8	2	1		3
9	2	1		3
10	3			3
11	5	1		6
12	4	2		6
13	3	2		5
14	2	2	1	5
15	2	3	1	6
16	1	3	2	6
17		3	2	5
18	1	4	2	7
19		3	3	6
20		2	2	4
21		2	3	5
22			3	3
23		1	2	3
24			3	3
25			2	2
26				
27			2	2
28			1	1
29				
30			1	1

Értékhatarok:

Tévesztett hangok száma/közeli/ = 11,03

Tévesztett hangok száma/közepes/ = 16,13

Tévesztett hangok száma/távoli/ = 21,23

Tévesztett hangok száma/összesített/ = 16,22

Beszédérthetőség/közeli/ = 88,97

Beszédérthetőség/közepes/ = 83,87

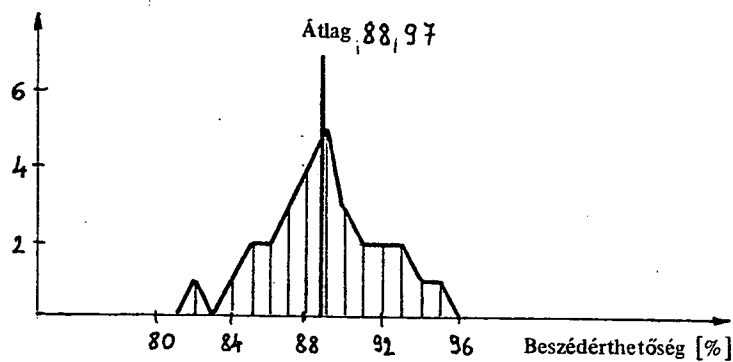
Beszédérthetőség/távoli/ = 78,77

Beszédérthetőség/összesített/ = 83,78

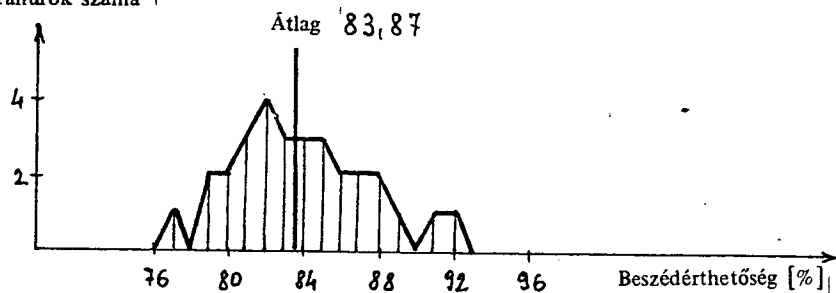
$$S = \sqrt{\frac{2609,49}{89}} = \pm 5,41$$

$$V = \frac{541}{83,78} = 6,46$$

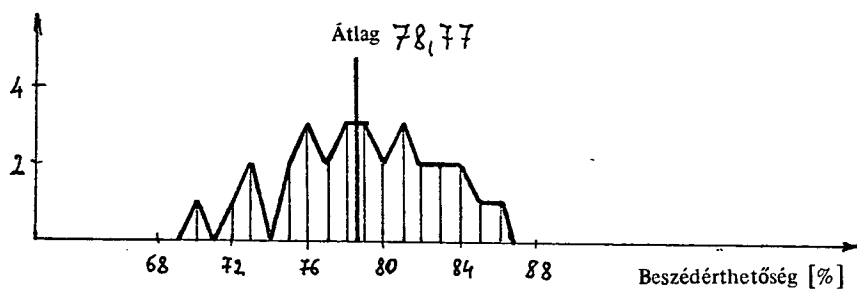
Tanulók száma



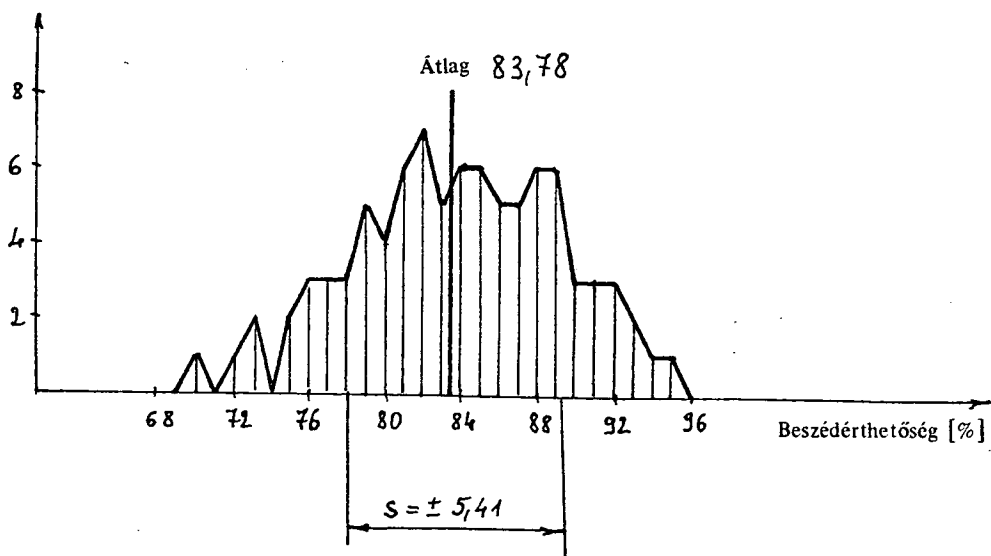
Tanulók száma



Tanulók száma



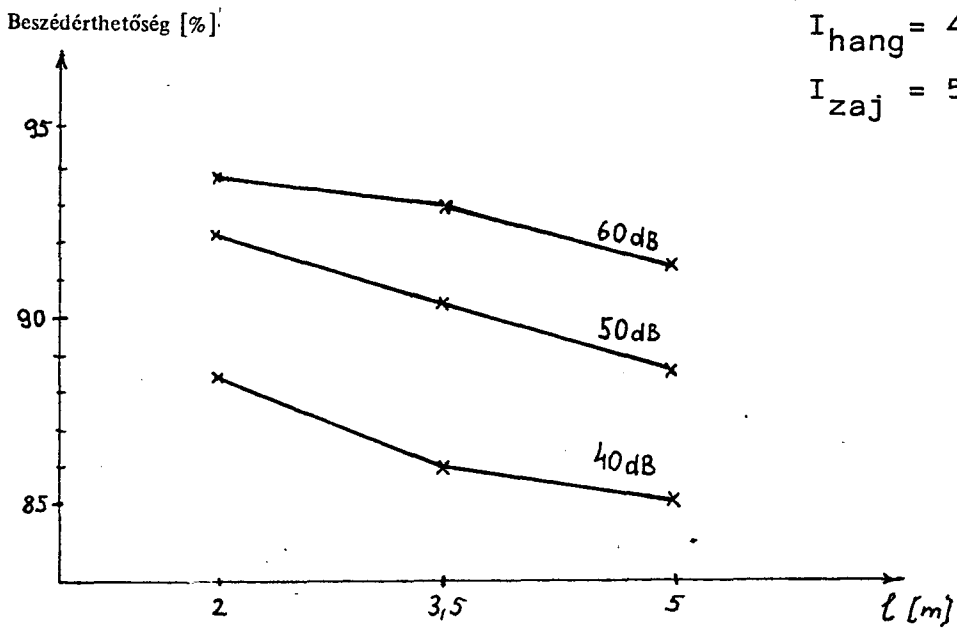
Tanulók száma



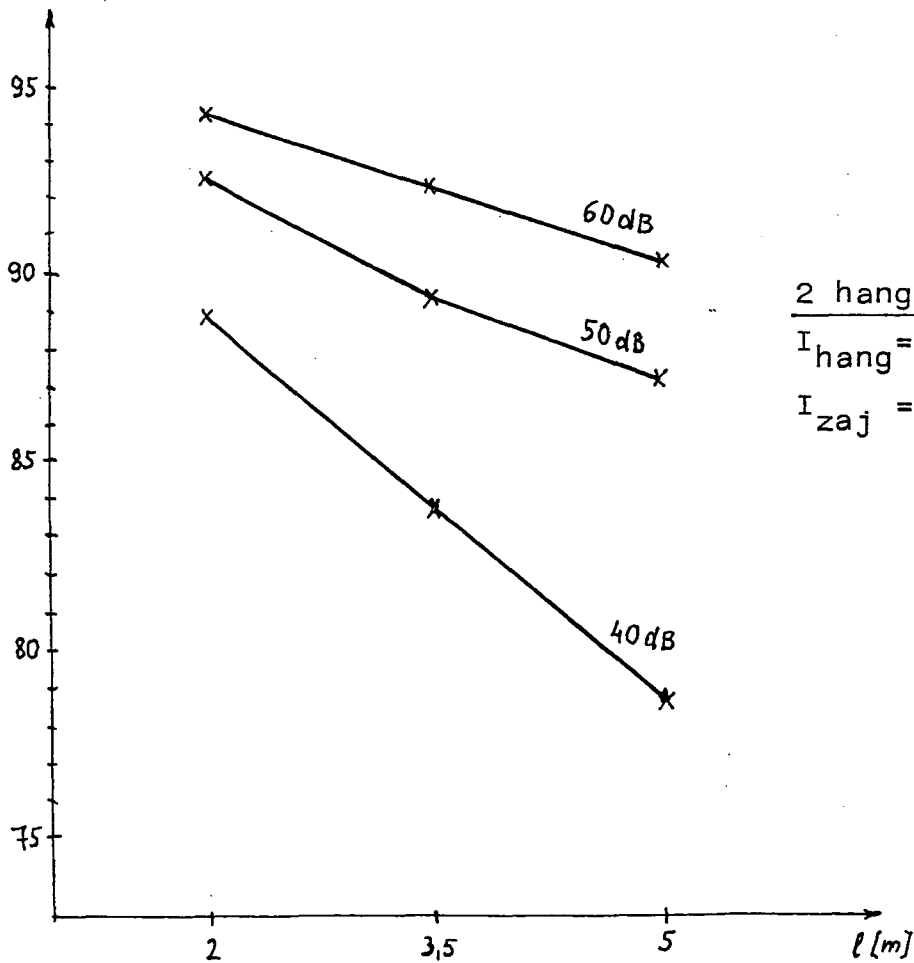
2 hangszóró, egyik oldalt

$I_{\text{hang}} = 40, 50, 60 \text{ dB}$

$I_{\text{zaj}} = 50 \text{ dB}$



Beszédérthetőség [%]



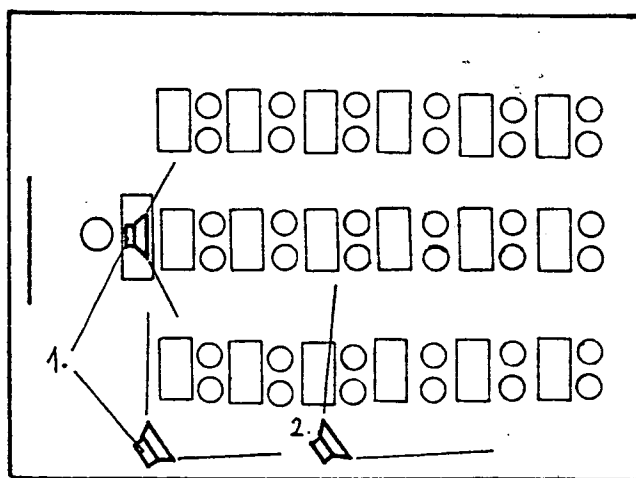
2 hangszóró tanári asztalon

$I_{\text{hang}} = 40, 50, 60 \text{ dB}$

$I_{\text{zaj}} = 50 \text{ dB}$

Ennek az a magyarázata, hogy a hátsó padsorban ülő tanulók és az oldalt lévő hangszóró közötti távolság kisebb, kb. fele a tanári asztaltól való távolságnak. /A III.sz. mérésnél mindkét hangszóró a tanári asztalon volt/.

Tehát levonhatjuk azt a következtetést, ha lehetőségünk van arra, hogy két hangdobozt /hangszórót/ használjunk mono hangfelvételek lejátszásánál, az egyik hangdobozt célszerű a jobb beszédérthetőség érdekében oldalt a falra, kb. a tanterem közepe tájékán felfüggeszteni, illetőleg a tanári asztalon lévő hangdobozt is a tanári asztal mellett a falra helyezni úgy, mint azt az egyhangszórós esetben láthattuk. /13. ábra/



13. ábra

A fenti ábrán látható hangszóró alkalmazás kissé eltér az eddigi iskolai gyakorlattól, de helyességét a mérési eredmények igazolták.

A teljesség kedvéért megkivánjuk még adni az oktatásban használt magnetofonokkal szemben támasztott követelményeket, mely minden pedagógus számára hasznos információul szolgálhatnak.

Oktatási célra használt magnetofonokkal szemben
támasztott követelmények

Főbb műszaki jellemzők:

Frekvencia átvitel: min. 60-10.000 Hz \pm 3 dB

Jel-zaj viszony: min. 45-50 dB

Torzítás végfokozatnál: max. 5-8 %

Kimeneti teljesítmény: min. 2 W

Fontosabb szolgáltatások:

Beépített számláló

Automatikus/manuális felvételi szintszabályzó

Pillanat-állj kapcsoló

Külső hangszóró csatlakoztatási lehetőség

Beépített mikrofon

Hangszinszabályozó

Fontos kritérium még a nagyon jó mechanikai és elektromos megbízhatóság. A készüléknek legalább 200 órán át hiba nélkül kell működnie. Elengedhetetlen követelmény az egyszerű kezelhetőség, amit legkönnyebben kazettás kivittel lehet megvalósítani.

Jól mutatja ezt a tendenciát a szórakoztató elektronika területe is, ahol a compact rendszerű kazettás készülékek váltak uralkodóvá.

Mérés sorszáma: II / 1

Név: Szabo Livia 3. csoport

Iskola: Széchenyi Erzsébet Ált. Isk.

Hibaszám: 9

Dátum: 1984. XI. 14.

A

szabó	1
tám	-
a	-
lek	1
gyerke	-
ki	-
dörösl	1
üt	-

B

öntes	-
velgetés	-
gyilkos	-
mozk,	-
lanc	1
ét	-
göma	-
dohát	-

C

büszkét	1
kongva	1
rajnós	-
logat	1
kez	-
ét	-
dörét	-
or	1

Mérés sorszáma: IV/2

Név: Menyhánt Éva 1.

Iskola: 1. sz. Általános Iskola 6.c.

Hibaszám: 12

Dátum: X. 31.

A

dohát	
göma	
ék	
lanc	
rag	2
gyilkos	
velketés	1
öntes	

B

üt	
dörösl	1
ki	
gyerke	1
lei	1
a	
lanc	1
szabó	2

C

ör	1
dörét	
ét	
kez	
logat	
rajnós	1
kongva	
büszkét	1

Mérés sorszáma: III/2.

Hibasám: 6

Név: János Balázs 1 csoport

Iskola: Ének-Zenei Általános Iskola

Dátum: 8. 30.

A

dohát
gönc
ék
banc
mák
gyilkos
velgetés
öntes

B

üt	1
dönc	
ké	
gyerkes	
bun	
a	
tám	
zedami	

C

ora	
rönet	
ét	
kez	
lőkat	1
szőlő	1
konkva	1
liúzt	

Mérés sorszáma: V/3

Hibasám: 8

Név: Varga Veronika 1.

Iskola: Gyulafejrvártól Általános Iskola

Dátum: 1984 nov. 15.

A

öntes	-
velgetés	-
gyilkos	-
mák	-
banc	-
kez	1
gönc	-
dohá	1

B

zedami	-
tám	-
a	-
bun	-
gyerkes	-
ké	-
dönc	2
üt	-

C

liúzt	1
konkva	1
szőlő	1
lőkat	1
kez	-
ét	-
rönet	-
ora	-

Mérés sorszáma: I/I

Hibasám: 6

Név: Baranics Bea /2

Iskola: Szilágyi Erzsébet Ált. Isk.

1984.

Dátum: XI.14.

A

szedmi	✓
tam	✓
a	✓
lum	✓
gyerke	✓
ki	✓
döszé	1
út	✓

B

öntes	✓
velgetés	✓
gyilkos	✓
mák	✓
banc	✓
e'k	✓
göma	✓
clohat	✓

C

büszkét	1
kompá	2
zajgós	1
lokat	✓
kiz	✓
ét	✓
törét	✓
o	1

Mérés sorszáma: I/3

Hibasám: 11

Név: Szabó Viktória 1

Iskola: Szilágyi Erzsébet Ált. Isk.

Dátum: 1984. XI. 14.

A

öntes	✓
velgetés	✓
gyilkos	✓
mák	✓
banc	✓
ét	2
göma	✓
clohat	✓

B

szedmi	1
tam	✓
a	✓
bi	2
gyerke	✓
ki	✓
döszé	1
út	✓

C

büszkét	✓
hömle	4
zajmós	✓
lokat	✓
kiz	✓
ét	✓
törét	✓
o	1

FELHASZNÁLT IRODALOM

1. J.Berthoud: Kevéssé ismert módszer zajok megítélésére: a logatomok.
Mécanique-électricité 44.k.132.sz.1960.
2. Csabai-Inotai: OOK-teszt. Magnetofonok. OOK. 1977.
3. E.Gros and G.Jansen: Problems in determining the size of the population and critical groups exposed to environmental noise.
Journal of Sound and Vibration 59. 1978.
4. Illés András: A növekvő zenei hangerősség veszélyeiről.
Kép- és Hangtechnika 1977. 5.sz.
5. Inotai Gyula: Az oktatás akusztikai feltételei.
OOK, PETE 1984.
6. Istvánffy István: Zajártalom kialakulása és megelőzése gyermekkorban.
Kép- és Hangtechnika 1979. 6.sz.
7. Klein Sándor: Munkapszichológia I-II. Gondolat.
Budapest 1980.
8. H.Kottmayer: Zbl für HNO 41, 412 1951.
9. G.Lehmann: Internat. Ztscht angew. Physiol L 17. 16 1976.
10. G.Lehmann: Praktische Arbeitsphysiologie.
Stuttgart 1972.
11. Póta Györgyné: Épületek zaj elleni védelmének hatékonysága.
Kép- és Hangtechnika 1978. 6.sz.
12. Spellenberg Sándor: A zajártalom érrendszerei vonatkozásai.
Kép- és Hangtechnika 1982. 3.sz.

13. Spellenberg Sándor: Erős tisztahang és a közlekedési zaj hatása az egyensúlyszervre
Kép- és Hangtechnika 1983. 4.sz.
14. S. Stephens and H. Ballam: The sonocular test.
J. Laryng 88. 1974.
15. Tarnóczy Tamás: Az ipari zaj csökkentésének műszaki kérdései.
OMKDK Budapest, 1962.
16. Tarnóczy Tamás: A zajveszély korszerű szemlélete.
Kép- és Hangtechnika 1975. 2.sz.
17. Tarnóczy Tamás: Az érthetőségi vizsgálatok feladatai és nehézségei.
Kép- és Hangtechnika 1974. 4.sz.
18. Tarnóczy Tamás: Hangnyomás, hangosság, zajosság.
Akadémiai Kiadó Budapest, 1984.
19. G. Yannoulis und A. Konstas: Acta Otol 3-4. 1965.

15-65/1985.....bksz.

Tárgy:Inotai Gyula.....

doktori szigorlata.

Melléklet: 1 db disszertáció

Dr. Duró Lajos elvtársnak
tszv. egyetemi docens

H e l y b e n

Professzor Elvtárs!

Mellékelve Inotai Gyula: Az oktatás akusztikai feladatai.

.....
című doktori értekezését tisztelettel felkérem, hogy azt megbirálni sziveskedjék. Legyen szabad Professzor Elvtárs szives figyelmét felhívnom tanácsülésünk ama határozatára, amely a birálat elkészítésének és benyújtásának legkésőbbi határidejét a kézhezvételtől számított harmadik hónap utolsó napjában állapította meg.

A mellékelt értekezést a birálat elkészítése után sziveskedjék átadni tanszéke könyvtárosának leltárba vétel és a könyvtárban való elhelyezése céljából.

Szeged, ..1985. márc. 14.

.....
dékán ~~.....~~

A kiadmány hiteles:

.....
főelőadó

Kapták: Dr. Nagy József prof.

Dr. Duró Lajos tszv. docens társbiráló